

Ilmastoystävälliset ammattikeittiöt

– keinoina energiatehokkuusparannukset
ja luonnolliset kylmäaineet

Ari Kahrola, Tapio Reinikainen, Annika Johansson ja Nufar Finel

Suomen ympäristökeskuksen raportteja 40 / 2021

Ilmastoystävälliset ammattikeittiöt

– keinoina energiatehokkuusparannukset ja luonnolliset kylmäaineet

Ari Kahrola, Tapio Reinikainen, Annika Johansson ja Nufar Finel



Suomen ympäristökeskuksen raportteja 40 | 2021

Suomen ympäristökeskus

Kulutuksen ja tuotannon keskus

Kirjoittajat: Ari Kahrola ¹⁾, Tapio Reinikainen ²⁾, Annika Johansson ²⁾ Nufar Finel ²⁾

¹⁾ Itä-Suomen yliopisto

²⁾ Suomen ympäristökeskus (SYKE)

Vastaava erikoistoimittaja: Ari Nissinen

Rahoittaja/toimeksiantaja: Ympäristöministeriö

Julkaisija ja kustantaja: Suomen ympäristökeskus (SYKE)

Latokartanonkaari 11, 00790 Helsinki, puh. 0295 251 000, syke.fi

Taitto: Ari Kahrola, Annika Johansson

Kannen kuva: Gram Commercial ja Danish Technological Institute

Julkaisu on saatavana veloituksetta internetistä: www.syke.fi/julkaisut | helda.helsinki.fi/syke

ISBN 978-952-11-5428-7 (PDF)

ISSN 1796-1726 (verkkokj.)

Julkaisuvuosi: 2021

Tiivistelmä

Ilmastoystävälliset ammattikeittiöt

– keinoina energiatehokkuusparannukset ja luonnolliset kylmäaineet

Selvityksessä tarkastellaan teknologioita ja ratkaisuja, joiden avulla ammattikeittiöiden ilmastoystävällisyyttä voidaan parantaa. Muutoksen peruselementtejä ovat energiatehokkuusparannukset ja matalan ilmastonlämmityspotentiaalin (GWP) kylmäaineisiin siirtyminen. Energiatehokkuusparannukset kohdistuvat sekä valittaviin laitteisiin että koko talotekniikkaan liittyvään suunnitteluun ja toteutukseen. Luonnollisia kylmäaineita, kuten hiilivetyjä, ammoniakkaa ja hiilidioksidia tulisi suosia aina kun mahdollista.

Työssä laadittiin katsaukset liittyen: i) kylmäaineita ja energiatehokkuutta koskeviin kansainvälisiin sopimuksiin, kotimaiseen ja EU-lainsäädäntöön sekä standardeihin, ii) energiatehokkuusmurrosta tukeviin teknologioihin ja niiden tuomiin mahdollisuuksiin ja haasteisiin, ja iii) uusien teknologioiden integroimiseen talotekniseen suunnitteluun.

Lisäksi haastateltiin asiantuntijoita kolmesta suurimmasta Suomessa toimivasta talotekniikkayrityksestä. Haastattelujen tarkoituksena oli selvittää lämmöntalteenoton (LTO) ja hyödyntämisen mahdollisuuksia tyypillisissä ammattikeittiöissä. Haastatteluissa käytiin läpi sitä, miten lämmöntalteenottoa ja hukkalämmön hyödyntämistä toteutetaan tällä hetkellä uudiskohteissa ja toisaalta myös saneerauskohteissa. Samalla kerättiin palautetta nykyisten ratkaisujen toimivuudesta ja etsittiin ideoita lämmön talteenoton tehostamiseksi.

Suosituksissa tärkeimmiksi nousivat i) kokonaisvaltainen energiatekniikan suunnittelu ammattikeittiökohteissa, ii) ammattikeittiösuunnittelun integroiminen talotekniikan suunnitteluun ja käyttöön, iii) oleellisena osana kokonaisratkaisua waterloop-, eli nestelauhdutteinen järjestelmä, joka tekee mahdolliseksi ammattikylmälaitteiden tuottaman lämmön kierrättämisen kiinteistön tarpeisiin, ja iv) luonnollisten kylmäaineiden käyttö niissä kohteissa, joihin markkinoilta löytyy sopivia laitteistoja.

Lisätietoa tarvitaan ehdotettujen ratkaisujen ja teknologioiden energiansäästö- ja ilmastohyötyjen suuruudesta, ja varsinkin lisähyödyistä niissä ratkaisuissa, joissa matalan GWPN kylmäaineilla toimivat kylmälaitteet liitetään vesikiertoiseen lämmöntalteenottojärjestelmään ja hukkalämpö otetaan talteen koko kiinteistön hyödyksi. Erityisesti ratkaisujen ja teknologioiden integroiminen taloteknisiin suunnitteluratkaisuihin sekä uudiskohteissa että vanhojen kiinteistöjen kunnostushankkeissa vaatii lisätietoa. Sitä saisi parhaiten pilottihankkeilla, joissa kohteina olisivat hyvin mittaroidut uudiskohteet ja kunnostuskohteet.

Asiasanat: ammattikeittiöt, kylmälaitteet, luonnolliset kylmäaineet, energiatehokkuus, ilmastovaikutukset, kasvihuonekaasut, päästöt, kansainväliset sopimukset, lainsäädäntö, standardit, talotekniikka, lämmön talteenotto, hukkalämpö

Sammandrag

Klimatvänliga professionella kök

– med hjälp av energieffektivisering och naturliga kylmedel

Studien fokuserade på teknologier och lösningar som kan användas för att göra professionella kök mer klimatvänliga. De grundläggande elementen i förändringen är energieffektiviseringar och övergången till köldmedier med låg global uppvärmningspotential (GWP). Energieffektiviseringar fokuserar på både den valda utrustningen och designen och implementeringen av hela byggnadstekniken. Naturliga köldmedier som kolväten, ammoniak och koldioxid bör föredras när det är möjligt.

Studien ger granskningar av: (i) internationella avtal om köldmedier och energieffektivitet, nationell lagstiftning och EU-lagstiftning och standarder, (ii) teknik för att stödja genombrottet för energieffektivitet och de möjligheter och utmaningar som de erbjuder, och (iii) integrering av ny teknik i byggnadsdesign.

Dessutom intervjuade studien experter från de tre största byggföretag som är verksamma i Finland. Syftet med intervjuerna var att ta reda på möjligheterna till värmeåtervinning och användning i typiska professionella kök. Intervjuerna berättade hur värmeåtervinning och användning av överskottsvärme för närvarande implementeras på såväl nya som renoveringsplatser. Samtidigt samlades feedback om funktionaliteten i befintliga lösningar och idéer för att förbättra värmeåtervinningen.

Projektet ger rekommendationer, varav de viktigaste är (i) omfattande energiteknisk design i professionella kökinstallationer, (ii) integration av professionell köksdesign i byggnadsteknisk design och användning, (iii) som en integrerad del av helhetslösningen, en waterloop-teknik som gör det möjligt att återvinna värmen från professionell kylutrustning till fastighetens behov iv) användning av naturliga köldmedier på platser där lämplig utrustning finns på marknaden.

Mer information behövs om omfattningen av de potentiella energibesparingarna och klimatfördelarna med de föreslagna lösningarna och teknologierna, särskilt de extra fördelarna med att ansluta kylutrustning med låg GWP till ett vattencirkulerande värmeåtervinningssystem och återvinna överskottsvärme till förmån för hela fastigheten. Integrationen av lösningar och teknik i byggnadskonstruktion på både nya och renoveringsplatser kräver ytterligare information, vilket är bäst att få från pilotprojekt på plats.

Nyckelord: Professionella kök, kylutrustning, naturliga köldmedier, energieffektivitet, klimatpåverkan, växthusgaser, utsläpp, internationella avtal, lagstiftning, standarder, byggteknik, värmeåtervinning, överskottsvärme

Abstract

Climate-friendly professional kitchens

– energy efficiency improvement and natural refrigerants

The study focused on technologies and solutions that can be used to make professional kitchens more climate-friendly. The basic elements of the change are energy efficiency improvements and a transition to refrigerants with a low global warming potential (GWP). Energy efficiency improvements concern both the selection of equipment and the entire building technology design. Whenever possible, natural refrigerants such as hydrocarbons, ammonia and carbon dioxide should be used.

The study provides reviews of: (i) international agreements on refrigerants and energy efficiency, domestic and EU legislation and standards, (ii) technologies supporting the energy efficiency breakthrough in professional kitchens and the opportunities and challenges they present, and (iii) the integration of new technologies into building design.

In addition, experts from the three largest building services companies operating in Finland were interviewed. The purpose of the interviews was to find out the possibilities of heat recovery and utilization in typical professional kitchens. The interviews covered how heat recovery and the utilization of excess heat are currently implemented in professional kitchens in new buildings as well as in renovation of existing buildings. At the same time, feedback was collected on the functioning and performance of existing solutions and ideas were sought to improve heat recovery.

The most important recommendations are (i) comprehensive energy engineering design in professional kitchen installations; (ii) integration of professional kitchen design into building technology design and use; (iii) as an integral part of the overall solution, a waterloop technology which uses a water circuit to recover the excess heat from the refrigeration equipment to the needs of the building and (iv) the use of natural refrigerants in cases where suitable equipment can be found on the market.

More research is needed on the magnitude of the potential energy savings and climate benefits of the proposed solutions and technologies, in particular the additional benefits of connecting low global warming potential refrigeration equipment to a water circulating heat recovery system and recovering excess heat for the whole property. Also the integration of solutions and technologies into building design both in new buildings and renovation of existing buildings requires additional information, which could best be obtained from onsite pilot projects.

Keywords: Professional kitchens, natural refrigerants, energy efficiency, climate impacts, greenhouse gases, emissions, international agreements, legislation, standards, building technology, heat recovery, excess heat

Esipuhe

Suomessa on noin 22 000 ammattikeittiötä, joissa käytettävät kylmälaitteet sisältävät usein fluorattuja kasvihuonekaasuja (F-kaasuja). Tarkastelemalla kylmälaitteita kokonaisuutena rakennuksen lämmityksen ja jäähdytyksen kanssa jo rakentamisen tai saneerauksen suunnitteluvaiheessa voidaan edistää energiatehokkuutta ja vähentää F-kaasujen päästöjä.

Suomi on sitoutunut Pariisin ilmastositoumuksen tavoitteisiin. Lisäksi kansainväliseen otsonikerroksen suojelusopimukseen eli Montrealin pöytäkirjaan otettiin vuonna 2016 mukaan F-kaasut. Montrealin pöytäkirjan toimin F-kaasujen käyttöä rajoitetaan vähitellen maailmanlaajuisesti niiden haitallisen ilmastoa lämmittävän vaikutuksen vuoksi. Tavoitteena on samalla parantaa myös energiatehokkuutta.

EU on ollut edelläkävijä F-kaasujen säätelyssä, ja niitä koskevien rajoitusten tarkastelu on parhailaan käynnissä. F-kaasuja käytetään yleisesti kylmäaineina kylmä-, ilmastointi- ja lämpöpumppulaitteistoissa, mutta useimmissa käyttötarkoituksissa niille on jo olemassa kilpailukykyisiä ilmastostävällisempiä vaihtoehtoja. F-kaasupäästöt EU:ssa ovat kääntyneet laskuun sääntelyn seurauksena. On selvää, että F-kaasujen käyttöä rajoitetaan jatkossa entistä tiukemmin, joten niiden käyttöä kannattaa välttää aina kun se on mahdollista.

Valtioneuvoston keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelma vuoteen 2030 (KAISU) asetti kasvihuonekaasupäästöjen vähennystavoitteita päästökaupan ulkopuolisille sektoreille eli ns. taakanjakosektorille. F-kaasut, joiden osuus Suomen kasvihuonekaasupäästöistä vuonna 2020 oli n. 2 %, ovat yksi sektoreista, joille esitettiin päästövähennystoimia. Tämä raportti on osa KAISUn toimia, joiden tavoitteena on vähentää F-kaasupäästöjä selvittämällä ja demonstroimalla paikallisiin oloihin soveltuvia vaihtoehtoisia teknologioita. Tällä hetkellä valtioneuvosto valmistelee seuraavaa ilmastopolitiikan keskipitkän aikavälin suunnitelmaa, joka ulottuu vuoteen 2035, jolloin tavoitteena on hiilineutraalius.

Tämän selvityksen tekivät Itä-Suomen yliopistosta valmistunut terveystieteiden maisteri Ari Kahrola ja Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) projektipäällikkö Tapio Reinikainen, tutkija Annika Johansson ja ylitarkastaja Nufar Finel. Kahrola on toiminut vuodesta 2012 lähtien Metalliteollisuuden Standardisointiyhdistys ry METSTAn sekä sähkötekniikan alan kansallisen standardointijärjestö SESKO ry:n kautta asiantuntijana edustaen Suomea kansainvälisissä standardointityöryhmissä (CENELEC, ISO, IEC) ja on työskennellyt suomalaisissa kylmäalan yrityksissä (Porkka Oy ja Darment Oy). Tämän selvityksen tekemisen rahoittivat ympäristöministeriö ja Suomen ympäristökeskus (SYKE).

Tässä raportissa tarkastellaan ammattikeittiöiden kylmälaitteita ja esitetään suosituksia ilmastostävällisyyden huomioimiseksi jo suunnitteluvaiheessa. Suositukset koskevat sekä uudisrakennuksia että saneerauskohteita. Lisätietoa kuitenkin tarvitaan. Raportissa ehdotetaan jatkotutkimusta, jonka avulla saataisiin seurantatietoa käytännön saneerauskohteista.

Kunnianhimoiset ilmasto- ja energiatehokkuustavoitteet Suomessa ja EU-tasolla edellyttävät toimia kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi kaikilla sektoreilla. Ammattikeittiöiden ilmastostävällisyyden parantaminen energiatehokkuutta ja kylmäaineita koskevilla parannuksilla tarjoaa kunnille ja muillekin toimijoille mahdollisuuksia vähentää kasvihuonekaasupäästöjä ja energiankulutusta.

Helsingissä elokuussa 2021

Eeva Nurmi

Neuvotteleva virkamies

Ympäristöministeriö

Sisällys

Tiivistelmä.....	3
Sammandrag	4
Abstract.....	5
Esipuhe	7
1 Johdanto	9
2 Ammattikeittiön kylmätekniikka	11
2.1 Ilmanvaihdon jäähdytys	12
2.2 Säilytys- ja prosessilaitteet	12
2.3 Ammattikeittiön suunnittelun näkökohtia	12
2.4 Kylmätekniset ratkaisut	14
2.4.1 Omakoneelliset kylmlaitteet.....	14
2.4.2 Perinteiset erilliskoneistoilla toteutetut ratkaisut	14
2.4.3 Uudet kylmätekniset ratkaisut	15
2.4.4 Ympäristöystävällisten kylmäaineiden käyttökohteita.....	17
3 Ammattikeittiöiden ilmastoystävällisyyteen vaikuttava sääntely	18
3.1 F-kaasuasetus	19
3.2 Ekosuunnitteludirektiivi	21
3.3 Energiamerkintädirektiivi	22
3.4 Energiatohokkuusdirektiivi.....	22
3.5 Rakennusten energiatohokkuusdirektiivi.....	22
3.6 Standardit	22
3.6.1 Standardi jäähdytys- ja pakastuslaitteille	24
3.6.2 Standardit elementtirakenteisten kylmä- ja pakastuhuoneiden säilytyskäyttöön ...	25
3.7 Yhteenveto sääntelystä	26
4 Talotekniikkayritysten asiantuntijoiden haastattelut	27
4.1 Haastattelututkimuksen tulokset	28
5 Johtopäätökset ja suositukset	31
5.1 Kylmlaitteiden lämmöntalteenoton mahdollisuudet	31
5.2 Energiansäästöpotentiaali	32
5.3 Siirtyminen luonnollisiin kylmäaineisiin.....	34
5.4 Julkisten hankintojen strategia 2020 ja kuntien hiilineutraalisuustyö suurkeittiöiden ilmastoystävällisyysmuutoksessa	35
5.5 Suositukset	35
6 Ehdotus jatkotutkimukseksi	37
Lyhenneluettelo	38
Kylmäaineluettelo	39
Käsitteitä	40
Lähteet	42
Liite 1. Ammattikeittiön kylmlaitteita	44
Liite 2. Waterloop-järjestelmän periaate	45

1 Johdanto

Suomessa on noin 22 000 ammattikeittiötä, joiden yhteenlaskettu kylmälaitekanta on arviolta 100 000 – 150 000 kaappia, vetolaatikostoa ja elementtirakenteista huonetta. Ammattikeittiöiden yhteenlasketun energiankulutuksen on arvioitu olevan vuodessa noin 2,4 TWh (Motiva 2010), joten niissä käytettävien laitteiden energiatehokkuudella on merkitystä. Lisäksi keittiöiden energiankäyttö liittyy kiinteistön energiankäytön kokonaisuuteen. Ammattikeittiöiden ilmastoystävällisyyteen vaikuttavat laitteiden energiatehokkuuden ja koko kiinteistön energiatehokkuuden lisäksi kylmälaitteissa käytettävät kylmäaineet.

Tällä hetkellä näissä kylmälaitteissa käytetään pääasiallisesti HFC-kylmäaineita (fluorihilivetyjä, nk. F-kaasuja), jotka ovat voimakkaita ilmastokaasuja. Omakoneellisissa laitteissa on vuodesta 2019 alkaen ollut mahdollista käyttää aikaisempaa suurempia luonnollisten kylmäaineiden täytöksiä näitä laitteita koskevan standardin muutoksen ansiosta, mikä tekee mahdolliseksi tuottaa aiempaa suurikokoisempia luonnollisilla kylmäaineilla toimivia ilmastoystävällisiä kylmäsäilytyslaitteita. Luonnollisia kylmäaineita ovat esimerkiksi hiilivedyt, ammoniakki ja hiilidioksidi.

Ekosuunnitteludirektiivi (2009/125/EY) kannustaa hankkimaan laitteiden uusimisen yhteydessä entistä energiatehokkaampia kylmälaitteita, joskin tällä hetkellä ohjeistus kohdistuu vain rajoitettuun osaan ammattikeittiön kylmälaitekannasta. Suomen ympäristökeskus SYKE on julkaissut kriteerit ja ohjeet ilmastoystävällisille kylmälaitehankinnoille (Reinikainen & Johansson 2019). Myös Pohjoismaiden ministerineuvosto on julkaissut samasta aiheesta laajan selvityksen ja kriteerit kestäville kylmälaitehankinnoille (Poulsen & Pedersen 2020).

Ammattikeittiön säilytyskylmälaitteet tuottavat päivittäisessä käytössä varsin tasaisen lämpökuorman. Mikäli tätä lämpökuormaa ei siirretä pois suoraan kylmälaitteista, se jää kuormittamaan kiinteistön ilmanvaihtoa. Tämä lisää sekä ilmastoinnin energiankulutusta että heikentää pahimmillaan kylmälaitteiden toimintaa. Koska ammattikeittiöt toimivat kiinteistöissä omina kokonaisuuksinaan, jää tämän lämpöenergian suora hyödyntäminen niin ammattikeittiössä kuin kiinteistön muissa prosesseissa toteuttamatta. Parhaimmillaan lämmön talteenotto ja kierrättäminen pienentäisi koko rakennuksen nettoenergiankulutusta.

1.1.2019 tuli voimaan otsonikerroksen suojelusopimukseen eli Montrealin pöytäkirjaan tehty lisäys, ns. Kigalin muutos, jolla rajoitetaan voimakkaina kasvihuonekaasuina tunnettujen fluorihilivetyjen (HFC-yhdisteet) tuotantoa ja käyttöä. Nämä muutokset viitoittavat osaltaan tietä entistä ympäristöystävällisemmille kylmälaitteille, kun mittarina käytetään laitteiden kylmäaine- ja eristekaasuille ominaisia GWP- ja ODP-arvoja (ilmastonlämmityspotentiaali ja otsonituhopotentiaali). Energiankulutus on myös hyvä ilmastoystävällisyyden mittari, mutta sitä koskevia vaatimuksia on kohdistettu standardeissa vain osalle kylmälaitteista. Kigalin muutoksessa merkittäviä ovat siinä julkaistut suuntaviivat HFC-kylmäaineiden käytön lisärajoituksille ja vaiheittaiselle käytöstä luopumiselle. Montrealin pöytäkirjan vuoksi on jo vuosia sitten siirrytty käyttämään kylmäaineita, joilla ei ole otsonikerrosta heikentävää vaikutusta. Kigalin muutoksen myötä on siirrytty seuraavaan vaiheeseen, jossa vähennetään myös käytettävien kylmäaineiden ilmastoa lämmittävää vaikutusta.

EU:n F-kaasusetus (EU-asetus 517/2014 fluoratuista kasvihuonekaasuista) panee toimeen Montrealin pöytäkirjan Kigalin muutoksen säädöksiä etupainotteisesti ja ohjaa jäsenmaiden toimintaa. Green Deal -kasvustrategia asemoi EU:n globaaliksi johtajaksi YK:n kestävän kehityksen strategian käyttöönottamisessa. Käytännön keinoja tavoitteen saavuttamiseksi ovat teollisuuden ohjaaminen kohti kiertotaloutta, puhtaat tekniikat, sekä rakennusten uudisrakentamisen ja kunnostamisen toteuttaminen energia- ja resurssitehokkaasti.

Suomi toteuttaa näitä tavoitteita monin eri toimin, mm. Valtioneuvoston Keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelman (KAISU) avulla. Ympäristöministeriön julkaisema KAISU-selonteko pohjautuu ilmastolakiin (609/2015) ja sisältää suunnitelmia Suomen kasvihuonepäästöjen rajoittamiseksi. KAISU erittelee toimia liikenteelle ja alueiden käytölle, maataloudelle, rakennusten erillislämmitykselle, jätehuollolle, F-kaasuille, työkoneille sekä muille energiaperäisille päästöille.

F-kaasupäästöjen vähentämiseksi KAISUssa luetellaan kolme teknologian kehittämistoimiryhmää (kohta 7.2.5). Ensimmäisessä vältetään julkisen sektorin hankinnoissa korkean GWP:n F-kaasuja sisältäviä laitteita, toisessa edistetään vaihtoehtoisten teknologioiden käyttöönottoa ja tehostetaan F-kaasujen talteenottoa koulutuksen ja tiedotuksen keinoin ja kolmannessa selvitetään ja demonstroidaan paikallisiin olosuhteisiin soveltuvia vaihtoehtoisia teknologioita. Tämä projekti on osa KAISUn F-kaasuille asetettujen kehittämistoimien kolmannen kohdan toimeenpanoa. (YM 2017)

Projektissa selvitetään mahdollisuuksia rakennusten nettoenergiantarpeen pienentämiselle kierrättämällä ammattikeittiöiden kylmälaitteiden talteen ottamaa lämpöenergiaa rakennuksen ja käyttöveden lämmittämiseen. Samalla kartoitetaan vaihtoehtoisia F-kaasuvapaita kylmäratkaisuja, jotka tulevaisuudessa vähentävät myös F-kaasujen vuotoja sekä talteenoton ja hävittämisen tarvetta.

Ammattikeittiön vaikutus rakennuksen energiankulutukseen tarjoaa uusia mahdollisuuksia lämmön talteenotolle ja kierrättämiselle. Kylmälaitteiden energiankulutus ja lämmöntuotto muodostavat merkittävän, muista laitteista poikkeavan kokonaisuuden. Erona lämmitykseen, valaistukseen, ilmastointiin ja ammattikeittiön ruoan kypsennykseen tai astianpesuun liittyviin laitekokonaisuuksiin, kylmälaitteiden toiminta ei ole riippuvainen sen enempää vuorokauden kuin vuoden ajasta, vaan energiankulutus säilytyslaitteilla on tasaista sekä jatkuvaa. Tässä raportissa tutkitaan mahdollisuuksia hyödyntää kylmälaitteiden tuottamaa lämpöenergiaa kiinteistön kokonaisuutta ajatellen. Raportissa esitellään ammattikeittiön kylmälaitteita, niihin vaikuttavaa lainsäädäntöä ja standardeja, sekä alan ammattilaisten haastattelujen tuloksia. Raportissa esitetään myös suosituksia ilmastoystävällisyyden huomioimiseksi jo suunnitteluvaiheessa. Suositukset koskevat sekä uudisrakennuksia että saneerauskohteita. Raportissa ehdotetaan jatkotutkimusta, jonka avulla saataisiin seurantatietoa käytännön saneerauskohteista.

2 Ammattikeittiön kylmäteknikka

Ammattikeittölaitteet tuottavat erisuuruisia ja -aikaisia lämpökuormia, riippuen laitteiden käyttötarkoituksesta esimerkiksi ruoan lämmittämisessä tai säilyttämisessä. Lämmön talteenotto ammattikeittiön kylmäteknisillä ratkaisuilla on mahdollista ja tämän tulisi sisältyä keittiöiden suunnitteluun.

Ilmastoystävällisessä ammattikeittiössä otetaan huomioon kokonaisuus, joka koostuu:

- yksittäisen laitteen energian kulutuksesta
- laitteiden käyttämistä kylmäaineista
- laitteen vaikutuksesta muiden keittölaitteiden toimintaan, esimerkiksi lisääntyneen lämpökuorman myötä
- laitekokonaisuuden vaikutuksesta koko kiinteistön toimivuuteen, esimerkiksi kiinteistön lämmitykseen ja ilmastoinnin tarpeeseen
- laitteiden asianmukaisesta huollosta ja käytöstä. Niiden merkitys ammattikeittiöiden sähkönkäytölle voi olla merkittävä. (Mudie ym. 2013)

Säilytyskäyttöön suunnitellut ammattikeittiön kylmälaitteet on syytä ottaa huomioon lämmön lähteinä, kun suunnitellaan kiinteistön ilmanvaihtoa (Taulukko 1). Tämä on merkittävä seikka, koska säilytyslaitteet tuottavat jatkuvaa lämpökuormaa. Verrattuna muihin ammattikeittölaitteisiin, joiden käyttö rajoittuu keittiön käyttöaikaan, nämä laitteet vaativat lämpökuorman siirtämistä pois huonetilasta myös öisin ja viikonloppuisin. Tämä aiheuttaa helposti ongelmia koko kiinteistön ilmanvaihdolle tai toimimattomana vaarantaa pahimmillaan elintarviketurvallisuuden kylmälaitteiden toimintahäiriöiden myötä. Lisähaasteita syntyy erityisesti saneerauskohteissa, joissa vanhoja erilliskoneistollisia kylmälaitteita korvataan omakoneellisilla ilmalauhdutteisilla laitteilla. Korvaavat laitteet, energiatehokkaatkin, lisäävät keittiön ilmastoinnin lämpökuormaa pahimmillaan ylittäen ilmastoinnin kapasiteetin. On harkittava, onko kannattavampaa investoida kylmälaitteiden liittämiseen lämmön talteenottojärjestelmään vai lisätä ilmanvaihdon jäähdytyksen kapasiteettia.

Kylmälaitteiden lauhdelämmön talteenottoa on tarkasteltu aiemmin esimerkiksi kaupan kylmälaitteiden osalta (Motiva 2012), mutta ammattikeittiöiden lauhdelämmön osalta aihe on melko tuore. Varsinkin lauhdelämmön talteenotto yleistyvistä omakoneellisista kylmälaitteista olisi hyödyllistä (ks. Liite 1). Uusi tekniikka tarjoaa tähän ratkaisuja ja markkinoilta löytyy jo kustannustehokkaita vaihtoehtoja. Waterloop – nestelauhdutteen järjestelmä tekee mahdolliseksi ammattikylmälaitteiden tuottaman lämmön kierrättämisen kiinteistön tarpeisiin. Waterloop-järjestelmässä kylmälaitteet on kytketty keskitettyyn lauhdevesijärjestelmään yksittäin tai niillä on kullakin erillinen nesteen jäähdytin. Tämä ratkaisu siirtää talteen otetun lämmön pois laitteen läheisyydestä ja antaa mahdollisuuden lämmön talteenotolle (LTO) ja kierrättämiselle. Järjestelmän toimintaperiaatteen kuvaus on esitetty liitteessä 2.

Taulukko 1. Ammattikeittölaitteiden tuottamia lämpökuormia (Porkka Finland Oy 2012).

Laite	Keskimääräinen lämpökuorma/tunti:
Uuni	10 – 40 kW
Pikajäähdytyshuone 90 kg	15 kW
Astianpesukone	10 kW
Pakastehuone 4 m ³	1,5 kW
Kylmähuone 4 m ³	0,7 kW
Pakastekaappi 700 l	0,45 kW
Kylmäkaappi 700 l	0,35 kW

2.1 Ilmanvaihdon jäähdytys

Ilmanvaihdolla on erittäin tärkeä merkitys ammattikeittiössä mm. työntekijöiden hyvinvoinnin ja keittön energiankulutuksen kannalta. Aaltonen (2017) kirjoittaa, että ”ilmanvaihdon tarve ammattikeittiöissä on erilainen kuin muualla rakennuksessa, sillä keittiöissä ilmanvaihdon päätehtävä on poistaa oleskeluvyöhykkeeltä keittiöprosesseissa syntyvä lämpö ja kosteus sekä terveydelle vaaralliset epäpuhtaudet ja käryt. Ammattikeittiössä työskentelyolosuhteet ovat usein haastavat, mikä korostaa sisäilmaston ja hyvän ilmanvaihdon merkitystä. Myös ammattikeittiöissä ilmanvaihdon energiatehokkuutta voidaan parantaa, mutta tämä ei milloinkaan saa aiheuttaa sisäilmaston laatutason heikkenemistä”.

Kiinteistöjen lämmöntalteenotossa ja kierrättämisessä ammattikeittiöiden osuus jää usein hyödyntämättä, vaikka se joidenkin selvitysten mukaan olisi kannattavaa (esim. Aaltonen 2017). Ammattikeittiöiden kylmätekniset ratkaisut katsotaan tyypillisesti pääurakan ulkopuolisiksi kokonaisuuksiksi, minkä vuoksi niiden tuomia energiatehokkuusmahdollisuuksia ei riittävästi hyödynnetä.

2.2 Säilytys- ja prosessilaitteet

Tutkittaessa vaihtoehtoja kylmälaitteiden talteen ottaman ja tuottaman lämmön kierrättämisessä on perusteltua luokitella ammattikeittiössä käytettäviä kylmälaitteita sekä lämmöntuoton että käyttötavan perusteella. Mitoitettaessa keittön ilmanvaihtoa poistamaan kylmälaitteiden tuottamaa lämpökuormaa, on säilytyslaitteiden osalta ollut tapana kertoa kylmäsäilytykseen tarkoitetun laitteen höyrystimen kylmätehon tarve kertoimella 1,5 ja pakastesäilytyslaitteen kertoimella 2. Tällä laskentakaavalla on perinteisesti mitoitettu hetkellinen lämmöntuoton maksimi ja kertomalla nämä arvot tyypillisillä käyntiaikasuhteilla on voitu arvioida keskimääräinen lämmöntuotto tunnissa.

Ruoan valmistuspisteissä käytettävät kylmälaitteet ovat tyypillisesti pieniä säilytyslaitteita, kaappeja ja kylmätyöpöyjiä (Liite 1), joiden kylmätehontarve on tyypillisesti 0,25 – 0,50 kW. Kylmä- ja pakastehuoneilla, joita käytetään tuotteiden ja raaka-aineiden varastointiin, kylmätehontarve vaihtelee vastaavasti välillä 1,2 – 2,5 kW. Suuremmissa jakelukeittiöissä sekä keskuskeittiöissä on lisäksi käytössä prosessilaitteita ruoan jäähdytystä ja pakastamista varten. Tällaisilla laitteilla kylmätehontarpeet vaihtelevat suuresti kapasiteetin myötä. Astiäyttyisillä kaapeilla, joiden kapasiteetti vaihtelee 10 – 50 kg/prosessi, kylmätehontarve vaihtelee välillä 1 – 4 kW, kun taas vaunutäyttyisillä prosessilaitteilla, joiden kapasiteetti on 100 – 200 kg/prosessi, kylmätehon tarve vaihtelee välillä 10 – 20 kW. Lämmöntalteenoton kannalta säilytyslaitteet tarjoavat tyypillisesti pienemmän, mutta ympäri vuorokauden tasaisen lämpökuorman, mikä lienee helpoiten hyödynnettävissä kiinteistön muissa tarpeissa. Prosessilaitteiden tarjoama, hetkellisesti yli kymmenkertainen lämpökuorma on taas käytettävissä vain lyhyissä, 90 – 240 min jaksoissa, mikä haastaa lämmöntalteenoton ja kierrättämisen.

Ammattikeittiöiden tyyppi ja ruoanvalmistuskapasiteetti vaikuttavat merkittävästi tarvittavan laitekannan laajuuteen ja sen myötä laitteiden tuottamaan kokonaislämpökuormaan. Suurimmissa keskuskeittiöissä työskennellään vuoroissa, laitekannan soveltuessa kylmä- ja pakastesäilytyksen lisäksi jäähdyttämiseen ja pakastamiseen. Pienimmissä jakelukeittiöissä taas työskentely saattaa olla kovinkin lyhytaikaista, rajoittuen yksittäisen keskuskeittiön valmistaman ruoan uudelleen lämmittämiseen ja jakeluun ja kylmälaittekannan rajoittuessa vain satunnaiseen ruokavalioannosten sekä tähderuoan säilyttämiseen. Tästä syystä on perusteltua pohtia missä on kulminaatiopiste lämmöntalteenoton kannattavuudelle. Näitä kysymyksiä käsiteltiin kiinteistöautomaatioyritysten asiantuntijoiden haastatteluissa (luku 4).

2.3 Ammattikeittiön suunnittelun näkökohtia

Ammattikeittiön suunnitteluun vaikuttavat laitteiden pitkä käyttöikä, lainsäädännön vaatimukset, kapasiteettitarve, muunneltavuus ja huollettavuus. Kylmälaitteiden laskennallinen käyttöikä on 10 – 12

vuotta säännöllisellä huollolla. Useasti kompressorin, puhaltimien sekä ovitiivisteiden uusimisella kylmälaitteen käyttöikä on kustannustehokasta jatkaa tätäkin pidemmälle. Jopa yli 20 vuotta vanhoja kylmä- ja pakastuhuoneita on laajasti käytössä ammattikeittiöissä. Kustannustehokkuuskannattavuutta on kuitenkin hyvä tarkastella uudessa, muuttuneessa tilanteessa. F-kaasusetus (EU-asetus 517/2014 fluoratuista kasvihuonekaasuista) on rajoittanut perinteisten HFC-kylmäaineiden saatavuutta joko kiintiö- tai GWP-perusteisesti. Esimerkiksi 1990-luvulta lähtien laajassa käytössä ollutta kylmäainetta R404A ei enää saa käyttää kuin pienten, alle 40 hiilidioksidiekvivalenttitonnin (noin 10 kg täytös) huoltamiseen. Tätä suuremmissa laitoksissa huolto on sallittua 31.12.2029 asti vain regeneroidulla tai kierrätetyllä kylmäaineella.

Kylmälaitteen 10 vuoden häiriötön käyttöikä tarkoittaa n. 50 000 h käyntiaikaa kompressorilla ja käynnistinlaitteelle n. 500 000 käynnistymistä ja sammumista. Käyntiaika kasvaa lauhtumislämpötilan noustessa, jolloin käyttöikä lyhenee. Lauhtumislämpötilaan vaikuttavat ympäristölämpötila sekä lauhtuttimen likaisuus. Testissä lauhtuttimelle tulevan ilman lämpötilan (ympäristölämpötila +25 °C) nousu 7 °C:lla aiheutti pakastekaapeilla keskimäärin 22 % käyntiajan lisääntymisen ja kylmäkaapeilla keskimäärin 32 % käyntiajan lisääntymisen (Marjomaa & Reisbacka 2001).

Lauhtuttimen likaantuminen nostaa lauhtumislämpötilaa merkittävästi ja voi ääritapauksissa aiheuttaa laitteen rikkoutumisen. Yleisesti alalla tunnettu tosiseikka on, että mikäli lauhtumislämpötila on jatkuvasti + 70 °C tai yli, lyhentää se kompressorin käyttöikä jopa 12 kuukauteen ja + 90 °C:n lauhtumislämpötilassa käyttöikä saattaa romahtaa 500 – 1000 tuntiin.

Erilliskoneistoilla varustetuissa kylmälaitteissa lauhtumislämpötilaan vaikuttavat ulkoasennuksesta johtuen sää, vuodenaajoista johtuvat ympäristölämpötilojen vaihtelut (jopa 70 °C vaihteluväli), lauhtuttimen likaantuminen sekä ulkoiset seikat, kuten lauhtutinpuhaltimen toiminta.

Omakoneellisissa laitteissa lauhtutin on integroitu itse kylmälaitteeseen, jolloin keittiön ilman mukana kulkeutuva pöly ja rasva nopeuttavat lauhtuttimen tukkeutumista. Ilmankierto voi myös estyä helposti väärin varastoiduilla laatikoilla tms., joilla estetään vapaa ilmankierto. Yhä useammin esiin tulee myös tapauksia, joissa kylmälaitteet hälyttävät öisin ja viikonloppuisin toimintahäiriöistä, joiden syyksi paljastuu kiinteistön ilmanvaihdon sammuttaminen käyttöajan ulkopuolella. Viimeksi mainittu ongelma esiintyy ainoastaan omakoneellisilla laitteilla.

Turvataksien elintarvikkeiden luotettavat ja mikrobiologisesti turvalliset säilytysolosuhteet, ammattikylmälaitteet vaativat säännöllistä puhdistusta ja huoltoa. Puhdistamisen laiminlyönti heikentää mikrobiologisen turvallisuuden lisäksi myös laitteiden käyttökestävyyttä vaurioittaen mm. tiivisteitä. Oikein huollettuna kylmälaitteet, erityisesti kylmä- ja pakastehuoneratkaisut saavuttavat helposti 10 – 15 vuoden käyttöiän. Näiden oikea käyttötapa onkin elintarvikkeiden ja raaka-aineiden varastointi. Kylmävetolaatikosto sekä kaapit ovat vastaavasti ruoan valmistuspisteiden laitteita, joiden käyttö on huoneita kulluvampaa.

Koska ammattikeittiön kylmälaitteet ovat varsin pitkäaikaisia investointeja, tuovat suunnittelulle omat haasteensa yhä nopeammalla syklillä muuttuvat käyttäjätarpeet. Keittiö saatetaan uudistaa jopa 3 – 5 vuoden välein ja siksi niin kustannukset kuin ympäristönäkökohdat huomioiden, ketterin kylmälaitevalikoima koostuukin monista eri vaihtoehdoista (Taulukko 2). Muunneltavuudelle suurimpia haasteita aiheuttavat varastoinnin tarpeen muutokset – jakelukeittiöissä huoneita tarvitaan merkittävästi vähemmän kuin keskuskeittiöissä.

Taulukko 2. Kylmälaitteiden koneikkopohjainen vertailu¹.

Koneikkotyyppi	Käyttötarkoitus	Vahvuudet	Haasteet
Omakoneellinen	kylmäkaappi pakastekaappi kylmätyöpöytä kevyt jäähdytyslaite kevyt pakastuslaite pienet kylmähuoneet pienet pakastehuoneet	helppo liikuteltavuus edullisin vaihtoehto luonnolliset kylmäaineet	suurin äänikuorma suurin lämpökuorma
Waterloop (vesilauhdutus, RHDS)	kylmäkaappi pakastekaappi kylmätyöpöytä kylmähuoneet pakastehuoneet	lämmön talteenotto suoraan kylmälaitteesta perinteistä keskuskoneellista ratkaisua edullisempia luonnolliset kylmäaineet	muunneltavuus
Erilliskoneistot	jäähdytyslaitteet pakastuslaitteet kylmähuoneet pakastehuoneet	lähes äänetön ei lisää keittiön lämpökuormaa hiilidioksidi kylmäaineena	LTO hyötysuhde muunneltavuus energiankulutus kylmäainerajoitukset hankintahinta

¹Taulukon käsitteet selostettu raportin lopussa osiossa käsitteet ja koneikkotyypit liitteessä 1.

2.4 Kylmätekniset ratkaisut

2.4.1 Omakoneelliset kylmälaitteet

Ammattikeittiöiden omakoneelliset kylmälaitteet ovat tyypillisesti säilytys- tai kevyitä jäähdytys- tai pakastuskaappeja, kylmätyöpöytiä tai pieniä kylmä- ja pakastehuoneita. Tällaiset laitteet on varustettu omalla, integroidulla kylmäkoneistolla, jossa on ilmalauhdutin. Omakoneellisten laitteiden etuina erilliskoneistollisiin verrattuna ovat edullisempi hankinta- ja asennushinta sekä helppo liikuteltavuus. Heikkoutena on niiden käyttöympäristöönsä aiheuttama ääni- ja lämpökuorma.

Suomessa omakoneelliset kylmälaitteet ovat olleet useimmiten korvaus/täydennyshankintoja tai kuuluneet pienempien ammattikeittiöiden laitekantaan. Viime vuosina niiden kysyntä on lisääntynyt erilliskoneistollisiin laitteisiin verrattuna.

Ekosuunnitteludirektiivin (2009/125/EY) mukaiset energiatehokkuusmerkintävaatimukset kattavat tällä hetkellä ainoastaan omakoneelliset kylmälaitteet niin säilytyskaappien, kylmätyöpöytien kuin jäähdytyslaitteiden osalta.

2.4.2 Perinteiset erilliskoneistoilla toteutetut ratkaisut

Työympäristön parantamiseksi Suomessa on toteutettu ammattikeittiön kylmäteknisiä ratkaisuja erilliskoneistoilla jo vuosikymmenien ajan. Nämä ratkaisut ovat olleet tyypillisiä perinteisissä

keskuskeittiöissä, joissa 1970 – 80-luvuilla varastoitiin paljon raaka-aineita sekä puolivalmisteita. Tuon ajan tyypillisessä ratkaisussa keittiön käyttöön oli rakennettu lukuisia kylmä- ja pakastehuoneita, jotka ovat tämän päivän ratkaisuihin verrattuna erittäin suurikokoisia. Koneistot mitoitettiin projektiokohtaisesti ja ne sijoitettiin erilliseen konehuoneeseen ja erillislauhduttimet putkitettiin kiinteistön katolle tai ulkoseinälle. Hyvä kylmäasennustapa suositteli kullekin pakastelaitteelleen omaa konetta ja kylmälaitteita kytkettiin yhteen koneistoon 2 – 3 kpl. Tällä ratkaisulla saatiin siirrettyä kylmäkoneikon synnyttämä äänikuorma lähes kokonaan pois keittiöistä ja kylmälaitteiden talteenottama lämpö siirrettyä hallitusti ulos kiinteistöstä. Lauhduttimien sijoitus ulos asetti omia haasteitaan valittavalle kylmäaineelle ja 2000-luvulla käyttöön valittiin useimmiten R404A (HFC-seos, GWP 3922). Eroja on esimerkiksi Ruotsiin verrattuna, missä lämpimämmät ympäristöolosuhteet mahdollistavat kylmäsäilytykseen tarkoitettujen ratkaisujen toteuttamisen R134a:lla (HFC, GWP 1430).

Perinteisen ratkaisun haasteeksi on osoittautunut vanhojen järjestelmien osittaisen uusimisen haasteet sekä kylmäainelainsäädännön kehittyminen. Vaikka teknisesti on huoltamalla mahdollista käyttää kylmälaitteita 20 – 30 vuotta, ei keittiön järjestys useimmiten säily muuttumattomana 3 – 5 vuotta pitkempää aikaa käyttäjän tarpeiden muuttuessa. 1990-luvulla käytetyt kylmäaineet tai niiden korvaajat eivät useinkaan ole olleet yhteensopivia alkuperäisen kylmäaineen kanssa, useimmiten R404A:n, jolloin yksittäisen kylmälaitteen korvaaminen uudemmalla on helposti aiheuttanut merkittäviä kustannuksia erilliskoneikon uusimisen myötä. Samoin kylmä- ja pakastehuoneiden keskikoko on tällä vuosikymmenellä pienentynyt lähes puoleen, jolloin teknisesti ei ole ollut kannattavaa hyödyntää vanhaa, olemassa olevaa tekniikkaa. Viimeisten 10 – 15 vuoden aikana valmiit erilliskonepaketit ovat korvanneet näitä komponenteista valmistettavia koneikkoja ammattikeittiöissä sekä kustannussyistä että asennuksen helpottumisen takia. Tällainen konepaketti ei enää vaadi kompressorin sijoittamista erilliseen IV-konehuoneeseen vaan tehdasvalmisteinen konepaketti voidaan toimittaa sääsuojatulla kotelolla suoraan kiinteistön katolle tai ulkoseinälle asennettavaksi.

EU:n F-kaasusetuksen vaatimusten myötä, riippumatta siitä, onko kompressorin sijoitettuna erillisessä IV-konehuoneessa vai lauhduttimien luona ulkona, on näiden molempien ratkaisujen käytettävyyden heikentynyt. Vaikka GWP 2500 rajan alle onkin helposti päästävissä uusilla HFC/HFO sekoitteilla, kuten R448A, R449A ja R452A:lla, eivät nämä aineet ole puhtaita HFO-aineita, vaan niissä on osana HFC-komponentti tai useampi. Mikäli näillä kylmäaineilla korvataan esim. R404A:ta, jatketaan samalla fluorattujen hiilivetyjen käyttöaikaa ammattikeittolaitteissa.

2.4.3 Uudet kylmätekniset ratkaisut

Omakoneellisilla ammattikeittiön kylmälaitteilla on tarjolla uudempiä, ympäristö- ja käyttäjäystävällisiä teknisiä ratkaisuja. Kansainvälisen standardoimiskomitean IEC:n teknisen komitean TC61:n touku-kuussa 2019 tekemän ratkaisun perusteella on laitevalmistajille annettu uusia teknisiä mahdollisuuksia toteuttaa kylmätekniisiä ratkaisuja palavilla tai helposti syttyvillä, luonnollisilla kylmäaineilla (HC, hiilivedyt). Aiemman, alle 150 g enimmäistäyttömäärän raja on muutettu IEC 60335-2-89 ED.3 standardiin riskiarvioperustaiseksi, mikä sallii mm. R290 sekä R600-kylmäaineille enimmäistäytöksi alle 494 g/piiri ja R600a:lle alle 559 g/piiri. Nämä uudet rajat perustuvat niiden yksilölliseen LFL (lowest flammability limit) arvoon erikseen sovitulla varmuuskertoimella. Edellä mainittujen kolmen kylmäaineineen GWP-arvo on 3, eivätkä ne ole myrkyllisiä. Näillä uusilla kylmäaineilla on mahdollista toteuttaa kylmätekniisiä ratkaisuja, jotka yhdistävät perinteisten erilliskoneistojen sekä omakoneellisten kylmälaitteiden parhaat puolet. Standardoimistyö on yhä kesken, koska standardi kattaa vain kylmä- ja pakastekaapit, työpöydät ja jäähdytys- ja pakastuslaitteet. Toistuvista Suomen aloitteista huolimatta standardin kattavuutta ei ole saatu laajennettua kylmä- ja pakastehuoneisiin. Työ jatkuu edelleen ja ehdotus on jälleen käsiteltävänä. Taulukossa 3 vertaillaan hiilivetyjen (HC) ja epäorgaanisten kylmäaineiden ominaisuuksia.

Taulukko 3. Luonnollisten kylmäaineiden vertailua (Kapanen 2017).

Kylmäaine	R 290	R 600a	R 717	R 744
Kemiallinen nimi	propaani	isobutaani	ammoniakki	hiilidioksidi
Kriittinen paine	42,4 bar	36,8 bar	113,5 bar	73,8 bar
ODP	0	0	0	0
GWP	3	3	0	1
Turvaluokka ¹	A3	A3	B2	A1
Edut:				
• alhainen puristusaine	+	+	+	
• hyvä kylmäkerroin			+	
• hyvä kylmäkerroin koko käyttöalueella	+			
• hyvät lämmönsiirto-ominaisuudet	+	+	+	+
• hyvä tilavuustuotto			+	++
• laaja käyttöalue	+			
• pieni painesuhde	+	+		+
• sopii myös märkähöyrysteisiin järjestelmiin	+		+	+
• vuodot helppo havaita			+	
• ympäristöystävällinen	+	+	+	+
Haitat:				
• alipaineinen, kun $t_h < -10\text{ °C}$		-		
• erittäin myrkyllinen				
• ilman O2-mittari ei sovellu CO2-valvontaan				-
• palava	-	-	-	
• suuri tulistuminen puristuksessa			-	
• korkeat investointikustannukset			-	
• vaatimaton tilavuustuotto		-		
Käyttökohteita:				
• ilmastoinnin jäähdytys	+			
• kodin kylmälaitteet		+		
• pienet kylmäkaapit				+
• pienet kylmä- ja pakastekoneistot	+			
• suuret kylmä- ja pakastekoneistot			+	
• lämpöpumput	+			+
• suuret lämpöpumput			+	
• pakastekoneistot				+
• vedenjäähdytyskoneistot	+			
• suuret vedenjäähdytyskoneistot			+	

¹ Kylmäaineet luokitellaan niiden myrkyllisyyden ja syttyvyyden mukaan: myrkyllisyysluokitus A (pienempi) tai B (suurempi), syttyvyysluokitus 1 (ei syttyvä), 2L (alhaisempi syttyvyys), 2 (syttyvä) tai 3 (korkeampi syttyvyys) (Kapanen 2017)

2.4.4 Ympäristöystävällisten kylmäaineiden käyttökohteita

Pohjoismaisen ministerineuvoston julkaisemassa raportissa annetaan suosituksia vihreille julkisille hankinnoille tuoteryhmätasolta alkaen (Poulsen ja Pedersen 2020). Myös ammattikeittiön laitteille on annettu suosituksia. Julkaisun luvussa 4 annetaan hankintaprosessille erilaisia valintakriteerejä, joista osa on poissulkevia, toiset suoraan valintaan vaikuttavia ja kolmannet palkitsevia.

Tarjouskilpailusta poissulkeviin kriteereihin on ehdotettu kylmäaineiden osalta sellaisia laitteita:

- jotka sisältävät otsonikerrokselle haitallisia aineita
- jotka ovat kiellettyjä F-kaasuasetuksen artiklan 11 sekä liite III perusteella
- jotka eivät täytä F-kaasuasetuksen vaatimuksia.

Toimijoiden osalta tarjouskilpailuista poissuljettaviksi on ehdotettu sellaisia, jotka:

- ovat rikkoneet F-kaasuasetusta tai otsoniasetusta, tai
- eivät ole noudattaneet HFC-kylmäaineille asetettuja tuontirajoituksia.

Suoraan valintaan vaikuttavista kriteereistä keskeisin on vaatimus valita ainoastaan luonnollisilla kylmäaineilla, kuten hiilivedyillä, hiilidioksidilla tai ammoniakilla toimivia laitteita kaikissa niissä tuoteryhmissä, joissa niitä on saatavilla.

Varsinaista energiankulutusta ei enää ehdoteta valintakriteeriksi, koska luonnollisia kylmäaineita käyttävät kylmälaitteet ovat tyypillisesti vähintäänkin yhtä energiatehokkaita tai jopa parempia, kuin korkean GWP:n kylmäaineilla toimivat.

Sellaisissa tuoteryhmissä, joissa HFC/HFO-vapaita laitteita ei ole saatavana, valintakriteeriksi ehdotetaan GWP-arvoltaan 675 tai alempien laitteiden vaatimusta. Näitä laitteita raportin julkaisuhetkellä ovat olleet ilmastointilaitteet (split) sekä aina 200 kW:n teholuokkaan asti olevat lämpöpumput.

Palkitsevien kriteerien käyttämisellä on tarkoitus tukea ympäristöystävällisyydeltään markkinoiden parhaiden laitteiden valitukseksi tulemistä ja antaa niille tarvittavaa näkyvyyttä. Tarkoituksena on tuoda hankintaprosessiin pisteytyskriteeri pelkän edullisen hankintahinnan vastapainoksi.

Raportissa suositeltavat kylmäaineet tuoteryhmittäin ovat seuraavia:

- | | |
|--|-------------|
| • pienet kylmä- ja pakastehuoneet (< 10 m ³) | R290, R744 |
| • suuret kylmä- ja pakastehuoneet | R744, (HC) |
| • jäähdytys- ja pakastuslaitteet | R290, R744 |
| • kylmä- ja pakastekaapit sekä -työpöydät | R290, R600a |
| • kotitalouskylmälaitteet | R600a. |

Kilpailutuksessa kylmäaineesta saatavat pisteet ehdotetaan jaettavaksi seuraavasti:

- 100 %, jos käytettävän kylmäaineen GWP on alle 150
- 50 %, jos käytettävän kylmäaineen GWP on alle 675.

Energiatehokkuuden vertailua ehdotetaan toteutettavaksi ensisijaisesti energiatehokkuusmerkkintöjen perusteella ja ellei tämä ole sovellettavissa, energiatehokkuusdokumentteja vertailemalla.

3 Ammattikeittiöiden ilmastoystävällisyyteen vaikuttava sääntely

Ammattikeittiöiden kylmälaitteiden ilmastoystävällisyyttä edistetään laitteiden suunnittelua, energiatehokkuutta ja laitteissa käytettyjä kylmäaineita koskevien EU:n asetusten ja direktiivien avulla, kansallisella lainsäädännöllä ja erilaisilla standardeilla.

Ammattikeittiölaitteita koskeva EU-lainsäädäntö on perinteisesti kohdistunut käyttö- ja sähköturvallisuuteen. Pääsääntöisesti suurkeittiöiden kylmälaitteet kuuluvat konedirektiivin (2006/42/EY) (MD) sekä pienjännitedirektiivin (2014/35/EU) (LVD) piiriin. Suuremmissa laitteissa huomioidaan myös painelaitedirektiivin (2014/68/EU) (PED) vaatimukset. Kaksi viimeksi mainittua säätelee mm. suurimpia sallittuja kylmäainetäyttöjä palavilla kylmäaineilla sekä varolaitteita ja -järjestelmiä. Kylmä- ja pakastevarastoille asetetaan lisäksi turvallisuusvaatimuksia rakennustuotedirektiivissä (89/106/ETY).

Ammattikeittiöitä koskevaa lainsäädäntöä ilmastoystävällisyyden näkökulmasta on ennen kaikkea säädetty seuraavissa EU-säädöksissä:

- F-kaasuasetus eli Euroopan Parlamentin ja Neuvoston asetus (EU) N:o 517/2014, fluoratuista kasvihuonekaasuista
- Ekosuunnitteludirektiivi (2009/125/EY)
- Energiamerkintäasetus (2017/1369)
- Energiatehokkuusdirektiivi (2012/27/EU)
- Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi (2010/31/EU).

Lainsäädännön lisäksi standardeilla on merkittävä vaikutus ammattikeittiöiden suunnitteluun. Tietolaatikkossa 1 tuodaan esille asetusten, direktiivien ja muiden säädösten suhde toisiinsa ja niiden velvoittavuuden tasot.

Tietolaatikko 1. Hämmentävä säädösten nimistöviidakko.

EU:n perussopimuksissa määriteltyihin tavoitteisiin pyritään erityyppisillä oikeudellisilla säädöksillä. Niistä toiset tulevat sellaisenaan voimaan jäsenvaltioissa, toiset ovat ohjeellisia vaatimuksia. Sanaa **asetus** käytetään hieman hämäävästi sekä Parlamentin ja Neuvoston asetuksessa että alempiasteisessa soveltavassa lainsäädännössä, kuten komission toimeenpanoasetuksissa ja Suomen valtioneuvoston asetuksissa. Alle on avattu tätä säädösten nimistöviidakkoa tämän julkaisun kannalta relevanttien lainsäädäntöesimerkkien kautta.

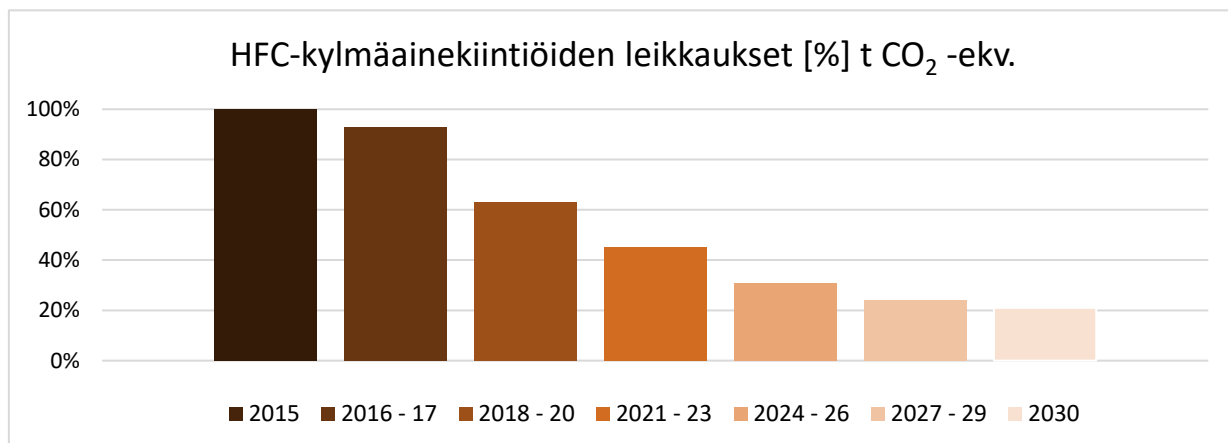
- **Parlamentin ja Neuvoston asetukset** ovat sitovia säädöksiä, joita on sovellettava kaikilta osiltaan kaikkialla EU:ssa sellaisenaan. Esimerkiksi EU:n F-kaasuasetus on tällainen.
- **Direktiivi** on lainsäädäntöohje. Direktiiveissä määritellään tavoitteet, joihin kaikkien EU-maiden on yllettävä. Maat saavat kuitenkin itse päättää laeista, joilla tämä toteutetaan. Tuotteiden ekosuunnittelusta säädetään EU:n tasolla ecodesign-direktiivissä (2009/125/EY) ja kansallisesti ekosuunnittelulaissa (1005/2008 muutt. 1009/2010, Finlex).
- **Suomen lait ja asetukset**: Otsonikerrosta heikentäviä aineita tai fluorattuja kasvihuonekaasuja (mm. HFC-aineet) käsittelevän henkilön ja toiminnanharjoittajan on täytettävä pätevyysvaatimukset. Pätevyysvaatimuksista on säädetty ympäristönsuojelulaissa (527/2014) ja **valtioneuvoston asetuksella** 766/2016.
- Komission **täytäntöönpanoasetuksilla** täsmennetään Parlamentin ja Neuvoston asetuksia.
- **Standardit** eivät ole lakeja eikä niitä säädetä EU:n tai valtioiden lainsäädäntöelimissä. Ne ovat silti hyvin tärkeitä, koska niiden avulla voidaan esimerkiksi lisätä tuotteiden tai palveluiden yhteensopivuutta, laatua, sujuvuutta ja turvallisuutta. Standardit ovat julkaisuja, joihin on kirjattu teollisuustoimialoilla yhteisesti sovittuja vaatimuksia, suosituksia tai vaikkapa ominaisuuksia tuotteille ja niiden valmistukselle tai testaustelle sekä järjestelmille tai palveluille. Kylmäalaa koskevia standardeja on suuri määrä. Tärkeimmät standardit löytyvät helposti otsonisihteeristön sivuilta (UNEP 2021).

3.1 F-kaasuasetus

EU:n F-kaasuasetuksen (Euroopan Parlamentin ja Neuvoston asetus (EU) N:o 517/2014, fluoratuista kasvihuonekaasuista) tavoitteena on vähentää ilmastoa lämmittävien fluorattujen kasvihuonekaasujen päästöjä ilmakehään. Voimassa oleva F-kaasuasetus on vuodelta 2014. Asetuksen uusiminen on tätä kirjoitettaessa käynnissä eikä ole mitään syytä olettaa, että säätely höllentyisi. Ainakin Montrealin pöytäkirjan Kigalin muutoksen tuomat vaatimukset ja tiukkeneva ilmastopolitiikka otettaneen huomioon uutta asetusta säädettäessä.

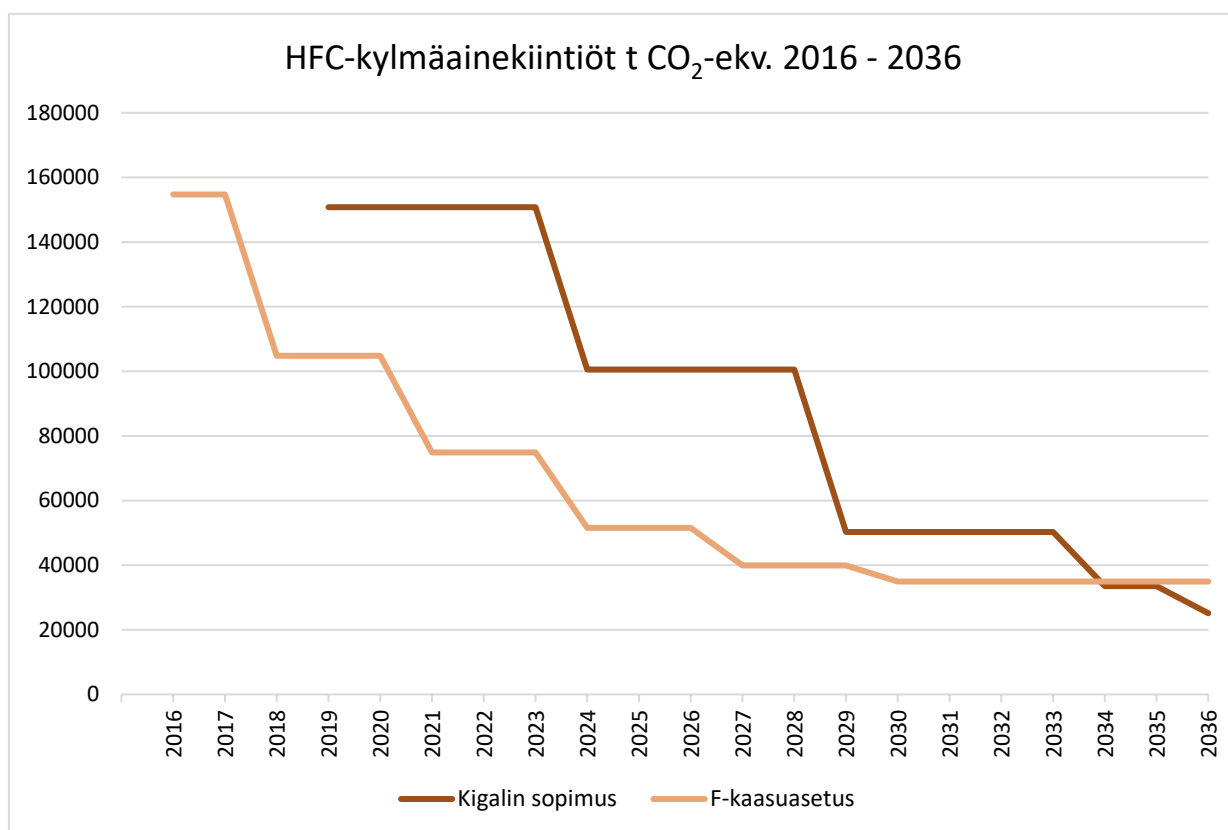
F-kaasuasetus vähentää HFC-kylmäaineiden saatavuutta asteittain niin, että 2021 alkaen EU-alueella on käytettävissä vain 45 % HFC-kylmäaineita vuoden 2015 tasoon verrattuna (Kaavio 1). Osuudet lasketaan kylmäaineiden ilmastoa lämmittävän vaikutuksen perusteella, eli kylmäainemäärät muutetaan laskennallisesti hiilidioksidiksi (käyttäen yksikkönä hiilidioksidi-ekvivalenttitonnia, eli t CO₂-ekv). Vähennys toteutetaan kiintiöjärjestelmän avulla. Yritysten on haettava kiintiö HFC-kylmäaineiden valmistamista tai maahantuomista varten. Vuoden 2018 kiintiöleikkauksen vaikutuksesta EU-alueelle tuotujen HFC-yhdisteiden määrä on vähentynyt (sekä aineen tonnimääränä että CO₂-ekvivalenttimääränä) ja niiden hinta on noussut (EEA 2020). Nähtäväksi jää, miten vuonna 2021 tapahtunut kiintiöleikkaus

vaikuttaa kylmäainemarkkinoihin. Aiheuttaako saatavuuden heikentyminen esimerkiksi markkinahintojen nousua tai regeneroitujen kylmäaineiden kysynnän lisääntymistä?



Kaavio 1. EU:n F-kaasuasetuksen (517/2014) mukaiset HFC-kylmäainemäärien leikkaukset (%) vuosina 2016 – 2030, yksikön ollessa t CO₂-ekv.

Kigalin muutos (2016) antaa vähimmäisvaatimukset myös vuodesta 2030 eteenpäin. Kaaviossa 2 on vertailtu HFC-kylmäainekiintiöitä, jotka vuodesta 2034 alkaen ovat pienemmät kuin F-kaasuasetus tiukimmillaan edellyttää.



Kaavio 2. EU:n F-kaasuasetuksen (517/2014) ja Montrealin pöytäkirjan Kigalin muutoksen mukaiset sallitut kylmäaineiden tuonti- ja valmistusmäärät EU-maissa vuosina 2016 – 2036, yksikön ollessa t CO₂-ekv.

Kiintiöiden ohella F-kaasuasetus sisältää myös käyttötarkoitukseen sidottuja asteittain voimaantulevia rajoituksia. Tällä hetkellä voimassa oleva asetus on tarkentanut ammattikylmälaiteissa käytettävien kylmäaineiden ympäristövaatimuksia 1.1.2020 alkaen HFC-kylmäaineiden osalta sallien käytettäväksi ainoastaan alle 2500 GWP-arvon kylmäaineet. Vaatimukset muuttuvat seuraavan kerran 1.1.2022, jolloin GWP-raja laskee 150:een (Taulukko 4).

Taulukko 4. F-kaasuasetuksen (EU 517/2014) markkinoille saattamista koskevien rajoitusten aikataulu ammattikeittiölaitteilla F-kaasuasetuksen liite III:n mukaisesti.

Laite	HFC- aineiden GWP-rajat, joita kiello koskee	Kiellon voimaantulo
Ammattikäyttöön tarkoitetut kylmä- ja pakastekaapit (hermeettisesti suljetut laitteet)	≥ 2 500	1. tammikuu 2020
	≥ 150	1. tammikuu 2022
Kiinteästi asennetut jäähdytyslaitteet	≥ 2 500	1. tammikuu 2020
Kaupalliseen käyttöön tarkoitetut monikompressoriset keskusjäähdytysjärjestelmät, joiden arvioitu kapasiteetti on vähintään 40 kW	≥ 150 (poikkeuksena kaskadijärjestelmien primäärit kylmäainepiirit, joissa GWP-raja on 1 500)	1. tammikuu 2022

Tällä hetkellä käytettävissä olevat tekniset ratkaisut jättävät jäljelle rajoitusten voimaan astumisen jälkeen omakoneellisia kylmälaitteita tarkasteltaessa käytännössä ainoastaan luonnolliset kylmäaineet, kuten R290, R600 sekä R600a:n. Markkinoille on toki saatettu erilaisia HFC-kylmäaineita korvaavia HFC/HFO-sekoitteita (Taulukko 5), joiden käyttöikä omakoneellisissa ratkaisuissa jäänee lyhytaikaiseksi koska parhaillaan uudistettavana oleva F-kaasuasetus tulee kiristämään GWP-rajoja. Mikäli uusiasennuskohteissa toteutuisi esimerkiksi enintään 675 GWPn raja, poistaisi se käytöstä taulukossa 5 luetelluista vaihtoehtoista laajimpaan käyttöön levinneet R448A, R449A ja R452A-kylmäaineet. Eriliskoneistollisissa laitteissa niiden käytettävyyden on parempi, ja uusia vaihtoehtoja tulee markkinoille lisää, kuten A2L luokan (pienempi myrkyllisyys, alhainen syttyvyys) R455A.

Taulukko 5. HFC/HFO-kylmäaineseoksien GWP-arvot ja koostumus. Seosten HFC-komponentit korostettuina.

Seoskylmäaine	GWP	Seoksen aineosat
R448A	1387	(R32/R125/R1234yf/R134a/R1234ze)
R449A	1397	(R32/R125/R1234yf/R134a)
R452A	2141	(R32/R125/R1234yf)
R454A	238	(R32/R1234yf)
R455A	146	(R32/R1234yf/R744)

3.2 Ekosuunnitteludirektiivi

Ekosuunnitteludirektiivillä (2009/125/EY) korvattiin aiempaa suppeampi energiaa kuluttavia tuotteita koskeva EuP-direktiivi (2005/32/EY). Direktiivi asettaa tuotesuunnittelulle ja -kehitykselle ekologiset vaatimukset, joissa yhdistyvät sekä tuotteen elinkaariajattelu että ympäristönäkökulmat. Ekosuunnitteludirektiivi on puitedirektiivi, joka velvoittaa tuotteiden valmistajia ja maahantuoja vastata kun Euroopan komission toimesta tuotteelle on liitetty tuoteryhmäkohtaisia säädöksiä. Muun muassa ammattikäyttöön

tarkoitetuille kylmäsäilytyslaitteille, kuten sähkökäyttöisille kylmä- ja pakastesäilytyskaapeille ja pikajäähdytyskaapeille on asetettu ekosuunnitteluvaatimuksia (EU 2015/1095) jotka ovat sellaisinaan voimassa kaikissa jäsenvaltioissa. Ajantasainen tieto tuoteryhmäkohtaisista ekosuunnitteluun liittyvistä säädöksistä löytyy Motivan sivuilta (Motiva 2021). Ekosuunnitteludirektiivin alaisten standardien ominaisuuksien vertailua löytyy taulukosta 6.

3.3 Energiamerkintäasetus

Energiamerkintäasetus (Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) 2017/1369 energiamerkintää koskevien puitteiden vahvistamisesta) korvasi aikaisemman energiamerkintädirektiivin (2010/30/EU). Asetuksella säädetään tuotteen energiamerkinnästä, jonka tarkoituksena on auttaa energiatehokkaan tuotteen hankinnassa. Asetuksen seurauksena aikaisemmat energiamerkinnät skaalattiin uudelleen niin, että asteikko on A-G A:n ollessa paras, ja aikaisemmin käytössä olleet luokat A+, A++ ja A+++ jäivät pois käytöstä.

Kuten ekosuunnitteludirektiivinkin kohdalla, ammattikäyttöön tarkoitetuille kylmäsäilytyslaitteille, kuten sähkökäyttöisille kylmä- ja pakastesäilytyskaapeille ja pikajäähdytyskaapeille on asetettu energiamerkintävaatimuksia (EU 2015/1094), jotka ovat sellaisinaan voimassa kaikissa jäsenvaltioissa. (Motiva 2021). Laitteiden energiatehokkuusluokka määräytyy niitä koskevan energiatehokkuusindeksin (EEI) perusteella, josta lisää standardeja koskevassa kappaleessa 3.6.

3.4 Energiatehokkuusdirektiivi

Energiatehokkuutta yleisemmin käsittelevät energiatehokkuusdirektiivi (2012/27/EU) ja sen muutos ((EU)2018/2002), joiden tavoitteena on edistää energiatehokkuutta EU-maissa. Energiatehokkuudelle on asetettu sitova tavoite vuosille 2021 – 2030. Direktiivien velvoitteet on toimeenpantu kansallisesti energiatehokkuuslailla, jossa säädetään mm. energiakatselmuksista ja energiatehokkuuden huomioimisesta julkisissa hankinnoissa. Myös kappaleissa 3.2 ja 3.3 kuvatuilla ekosuunnitteludirektiivillä ja energiamerkintäasetuksella sekä rakennusten energiatehokkuusdirektiivillä edistetään energiatehokkuustavoitteiden saavuttamista. Energiatehokkuusdirektiiviä ollaan parhaillaan uusimassa vastaamaan tiukentuvien ilmastotavoitteiden vaatimuksiin.

3.5 Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi

Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin (2010/31/EU, muutettu direktiivillä 2018/844/EU) tavoitteena on vähentää ilmastopäästöjä parantamalla rakennusten energiatehokkuutta. Tärkeässä roolissa on olemassa olevan rakennuskannan energiatehokkuuden parantaminen, jota kuvataan pitkän aikavälin korjausrakentamisen strategiassa. Energiatehokkuusparannuksia suositellaan tehtäväksi tilanteissa, joissa on muitakin korjaus- tai kunnostustarpeita. (YM 2020) Myös rakennusten energiatehokkuusdirektiiviä ollaan parhaillaan uusimassa vastaamaan tiukentuvien ilmastotavoitteiden vaatimuksiin.

3.6 Standardit

Standardoinnilla on iso vaikutus ammattikeittiöiden kylmälaitteiden suunnitteluun (Tietolaatikko 2). Komissio asetti vuonna 2011 CEN²:ille, CENELEC³:ille ja ETSI⁴:lle mandaatin M/495 koota työryhmä

² European Committee for Standardization (CEN)

³ European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC)

⁴ European Telecommunications Standards Institute (ETSI)

suunnittelemaan standardeja Ekosuunnitteludirektiivin 2009/125/EU implementoimiseksi. Standardien vaikutusalueeseen kuuluvat:

- pikajäähdytyslaitteet
- elementtirakenteiset kylmähuoneet
- prosessijäähdyttimet
- keskuskoneistot
- ammattikylmä- ja pakastekaapit.

Yhteenvedo standardeista on esitetty taulukossa 6.

Työ eteni aluksi erittäin nopeasti, ja CEN TC44-tekni­sen komitean työryhmien (Working Group, WG) työn tuloksena syntyivät melko nopeasti standardit elementtirakenteisten kylmähuoneiden vaipan eristyskyvyn määrittämiseksi (EN 16855-1 ja -2; WG4) ja standardi omakoneellisten säilytyskaappien energiankulutuksen mittaamiseksi ja merkitsemiseksi EEI-merkinnällä (EN 16825; WG2). Jälkimmäinen työryhmä jatkoi työskentelyään pikajäähdytys- ja pakastuslaitteiden kanssa saatuaan säilytyskaappistandardin valmiiksi 2016, ja jäähdytyslaitestandardi (EN 17032) julkaistiin vuonna 2018. Kylmähuoneiden osalta puutteeksi havaittiin koneikkojen energiankulutusta mittaavan standardin puuttuminen, jota WG7 aloitti valmistelemaan 2017 ja tämä standardi oli tarkoitus julkaista vuoden 2020 kuluessa (prEN17432). Haasteena näiden uusien standardien hyödyntämiseksi päivittäisessä käytössä on muodostunut se, että ne käsittelevät vaikutusalueitaan vain osittain ja suppeasti. Lisäksi ainoastaan EN 16825 on otettu käyttöön kokonaisuudessaan ja EN 17032 osittain. Kaikki muut standardit odottavat vielä soveltamisohjeita EU:n virallisessa lehdessä. Standardoimistytöä on tärkeää jatkaa niiden kattavuuden parantamiseksi.

Tietolaatikko 2. Mitä standardointi on?

- Suomen Standardisoimisliitto SFS ry määrittelee verkkosivuillaan standardisoinnin olevan yhteisten toimintatapojen laatimista. Standardit on tarkoitettu helpottamaan viranomaisen, elinkeinoelämän ja kuluttajien elämää (SFS 2021).
- Standardisoinnilla lisätään tuotteiden yhteensopivuutta ja turvallisuutta, suojellaan kuluttajaa ja ympäristöä sekä helpotetaan kotimaista ja kansainvälistä kauppaa.
- Standardit julkaistaan asiakirjoina, joita kuka tahansa voi hankkia ja käyttää. Standardien käyttö ja hyödyntäminen on maksutonta. Standardien hankinta on maksullista – näin rahoitetaan huomattava osa SFS:n ja sen toimialayhteisöjen standardisointityöstä.
- Standardit eivät ole suoranaisesti lainsäädäntöä tai asetuksia, mutta niihin voidaan viitata mm. turvallisuuden, suorituskyvyn tai käyttötarkoituksenmukaisuuden ilmoittamiseksi.

Standardi EN 16825:2016 (*Refrigerated storage cabinets and counters for professional use. Classification, requirements and test conditions*) on julkaistu 2016 ja sittemmin sen ylläpito ja päivittäminen on siirretty ISO:lle. Standardin perusteella on annettu vaatimukset laitteiden merkitsemiseksi EEI-merkinnöin, ja energiatehokkuusvaatimuksia on tiukennettu vaiheittain kahdesti käyttöönoton jälkeen. Käyttöönotto tapahtui 1.7.2016, toinen vaihe alkoi 1.1.2018 ja kolmas vaihe alkoi 1.7.2019. Tällä hetkellä EU:n tuotetietokantaa ollaan ottamassa käyttöön laitevertailujen sekä markkinavalvonnan helpottamiseksi ja suunnitteilla on EEI-merkinnän uudelleen skaalaus.

Standardin vaikutusalueeseen kuuluvat:

- HoReCa-käyttöön (Hotel-Restaurant-Catering) suunnitellut laitteet
- ainoastaan ilmalauhdutteiset, omakoneelliset kylmälaitteet.

Standardi ei koske:

- asiakkaiden itsensä käytettävissä olevia laitteita (kuten myymäläkalusteet, joille on oma säätely)
- tarjoilu- ja myyntikalusteita, jotka ovat ensisijaisesti elintarvikkeiden näytteille asettamista ja myyntiä varten
- avokalusteita, pitsa/kylmälaitteen työpöytiä
- staattisella höyrystimellä varustettuja malleja
- pakastearkkuja, combi-kaappeja.

Standardin vaikutusalueen ulkopuolelle jäävät siis laajassa käytössä nykyään olevat erilliskoneistolliset mallit sekä nestelauhdutteiset ja nestejäähdytteiset laiteratkaisut. Tämä aiheuttaa riskin siitä, että EEI-merkintöjen korostaminen hankintasuunnitelmissa ohjaa laitehankintoja automaattisesti omakoneellisiin laitteisiin ja lisää ilmastoinnin tarvetta ammattikeittiössä. Standardin revisiointikierröksellä olisi hyvä laajentaa sen vaikutusaluetta näihin siitä nyt puuttuviin laitemalleihin, jotta kylmälaitteiden kokonaisvaikutus kiinteistön energian kulutukseen arvioitaisiin todenmukaisemmin.

3.6.1 Standardi jäähdytys- ja pakastuslaitteille

Jotta kylmä- ja pakastesäilytys olisi elintarviketurvallisuuden näkökulmasta mahdollista toteuttaa, tulee ne jäähdyttää ja pakastaa vastaavasti ennen säilytystä niin, että bakteerien optimikasvulämpötila-alue ohitetaan mahdollisimman nopeasti. Ammattikäytössä saman laitteen käyttäminen sekä prosessi- että säilytyslaitteena ei ole elintarviketurvallisuuden takia mahdollista.

Kuumentamalla elintarvike lämpökuolemispisteen lämpötilaan tai sen ylitse (+60 – 70 °C), voidaan siitä tuhota useimmat **vegetatiiviset** pilaaaja- ja patogeenibakteerit ja estää jäljelle jääneiden bakteerien lisääntyminen. Nämä jäljelle jääneet bakteeri-itiöt ja tietyt **termofiiliset** bakteerit vaativat tuhoutuakseen niin korkean lämpötilan, että tällainen lämpökäsittely pilaisi myös itse elintarvikkeen. Helpoiten elintarvikkeiden turvallista käyttöaikaa voidaan pidentää kylmä- ja pakastesäilytyksellä. Kumpikaan säilytystapa ei paranna elintarvikkeen laatua sen enempää aistinvaraisesti kuin mikrobiologisesti arvioituna, mutta hidastaa laadun heikkenemistä huomattavasti.

Jotta kylmä- ja pakastesäilytys olisi elintarviketurvallisuuden näkökulmasta mahdollista toteuttaa, suomalaisen elintarvikelainsäädännön vaatimusten mukaan bakteerien optimikasvulämpötila-alue (+ 10 °C – + 60 °C) tulee ohittaa mahdollisimman nopeasti, enintään 4 tunnin kuluessa jäähdyttämisen aloittamisesta. Pakastettuna elintarvikkeen säilyvyysaika on merkittävästi kylmäsäilytystä pidempi. Huomioitavaa on kuitenkin se, että pakastetussa tuotteessa bakteerien kasvu on estetty, mutta pakastus ei estä kemiallisia reaktioita, kuten rasvan härskiintymistä. Jotta pakastetun elintarvikkeen aistinvarainen laatu olisi mahdollisimman hyvä, tulee myös pakastamisen tapahtua nopeasti. Hitaasti jäädettävässä tuotteesta haihtuva vesi muodostaa solunulkoisia jääkiteitä, jotka rikkovat tuotteen rakennetta. Pakastamisen nopeuden minimivaatimuksena pidetään jäätymisen etenemisnopeutta 10 mm / tunti, eli 50 mm kerrospaksuudella, annoksen pitää olla jäähtynyt 2,5 tunnissa.

Standardi EN 17032:2018/A1:2019 (*Blast chillers and freezers cabinets for professional use. Classification, requirements and test conditions*) on julkaistu vuonna 2018. Komissio on täydentänyt asetuksen 2015/1095/EU vaatimuksia siten, että 1.7.2016 alkaen tulee ilmoittaa jäähdytysprosessin kesto alku- ja loppulämpötiloineen sekä prosessin energiankulutus kilowattitunteina kilogrammaa elintarvikkeita kohti.

Standardin vaikutusalueeseen kuuluvat:

- ainoastaan pistotulppaliitännäiset, ilmalauhdutteiset ratkaisut.

Vaikutusalueen ulkopuolelle jäävät:

- vaunutäyttöiset laitteet
- erilliskoneistolliset ratkaisut.

EN 17032-standardin tärkeimmät ohjausparametrit ovat:

- jäähdytys $BC + 65\text{ °C} \rightarrow + 10\text{ °C} / 2\text{ h}$ (kylmin astia $> - 1\text{ °C}$)
- pakastus $+ 65\text{ °C} \rightarrow - 18\text{ °C} / 4,5\text{ h}$
- standardi perunamuusi
- GN 1/1– 40-astiat, 35 mm täyttö
- energian kulutus kWh / kg /prosessi.

Standardin vaikutusalueen ulkopuolelle jäävät laajassa käytössä nykyään olevat erilliskoneistolliset mallit, jotka tyypillisesti edustavat laitevalikoiman tehokkaimpia ja Suomessa laajimmassa käytössä olevia laitetyyppejä. Näiden laitteiden osuus ammattikeittiön kylmälaitteiden energiankulutuksesta on erittäin suuri, ollen helposti enemmän kuin kaikkien säilytyslaitteiden yhteenlaskettu kulutus. Tyypillisesti nämä laitteet ovat käytössä vain lyhyissä, 90 – 240 minuutin prosesseissa, mutta suurimmissa ammattikeittiöissä näiden laitteiden päivittäinen työaika vuorotyössä saattaa ylittää 12 tuntia. Standardin revisiointikierroksella olisi hyvä laajentaa sen vaikutusaluetta näihin siit nyt puuttuviin laitemalleihin, jotta kylmälaitteiden kokonaisvaikutus kiinteistön energian kulutukseen arvioitaisiin todenmukaisemmin.

On myös huomioitava, että tämä EU-standardi on määritellyt laitteiden nimellistehon 35 mm:n ruoan kerrospaksuudella sekä jäähdytysajalla, mikä poikkeaa merkittävästi esim. maa- ja metsätalousministeriön asetuksessa (1367/2011) ilmoitettujen elintarvikehuoneistojen elintarvikehygieniasta. Asetuksessa määrätään, että kylmässä säilytettäväksi tarkoitettu elintarvike on välittömästi valmistuksen jälkeen ja enintään neljässä tunnissa jäähdytettävä $+ 6\text{ °C}$:n lämpötilaan, tai sen alle. Jos elintarvikehuoneistossa säännöllisesti harjoitettavaan toimintaan kuuluu kuumentamalla valmistettujen elintarvikkeiden jäähdyttäminen, niin siihen käytettävän kylmälaitteiston kapasiteetin ja tehon on oltava tuotantoon nähden riittävä. Tyypillisesti ammattikeittiössä jäähdytyksen tavoiteajaksi on määritetty 1,5 – 2 tuntia, missä ajassa tuotteen lämpötilan on muututtava kypsennyslämpötilasta $+ 6\text{ °C}$:een tai kylmemmäksi. Ruoan kerrospaksuudeksi on nimetty 50 mm. EN 17032-standardin mukainen kapasiteetti on noin 50 % korkeampi kuin laitteen suorituskyky on Suomessa käytettäessä. Standardin mukainen $+ 10\text{ °C}$:n loppulämpötila ei siten täytä kansallisia vaatimuksia. Todellisuudessa jäähdytys- ja pakastuslaitteiden lämpökuorma ja energiankulutus ylittää energiatehokkuusdokumenteissa ilmoitetut arvot ja laitteen ilmoitettu kapasiteetti on jopa 50 % todellista pienempi.

3.6.2 Standardit elementtirakenteisten kylmä- ja pakastehuoneiden säilytyskäyttöön

Elementtirakenteisille kylmä- ja pakastehuoneille on luotu ekosuunnitteludirektiivin puitteissa kolme erillistä standardia sekä elementtihuoneen että koneikon energiankulutuksen vertailemiseksi (ks. Taulukko 6).

Elementtihuonestandardi EN 16855 on kaksiosainen. Sen ekosuunnitteluasetuksen mukaiset mitaukset koko huoneen vaipan eristävyydelle, sisältäen ovet ja muut tyypilliset varusteet, täyttävät seuraavat määrittäykset:

- kylmä- ja pakastehuoneet
- alle 400 m^3
- huoneen vaipan ja ovirakenteen eristearvon määrittäminen.

Osa 1, EN 16855-1:2017 (*Walk-in cold rooms. Definition, thermal insulation performance and test methods. Part 1: Prefabricated cold room kits*), kattaa vaatimukset tehdasvalmiille rakennussarjoille.

Osa 2, EN 16855-2:2018 (*Walk-in cold rooms. Definition, thermal insulation performance and test methods. Part 2: Customized cold rooms*), on huoneille, joita pienissä määrin voidaan muokata asennuspaikalla.

Nämä standardit eivät ehtineet ekosuunnitteluasetuksen ensimmäiseen vaiheeseen, joten niiden soveltamista ei vielä tällä hetkellä (06/2021) edellytetä tuotetietojen osalta millään tavalla.

Huonestandardien vahvuutena on hyvän asennustavan ohjeistus sekä se, että ne tarjoavat yksiselitteiset arvot huoneiden eristekyvyn määrittämiselle myös energiatehokkaan koneikon valintaa silmällä pitäen.

Kolmas elementtirakenteisiin kylmä- ja pakastuhuoneisiin liittyvä ekosunnitteludirektiivin alainen standardi on vielä julkaisemistaan odottava EN 17432 (*Packaged refrigerating units for walk-in cold rooms - Classification, performance and energy consumption testing*), joka kattaa energiankulutusmitaukset laajalle valikoimalle erilaisia omakoneellisia kylmä- ja pakastuhuoneen koneistoja. Ainoastaan erilliskoneistolliset ratkaisut on jätetty tämän standardin ulkopuolelle.

Taulukko 6. Ekosuunnitteludirektiivin alaisten standardien ominaisuuksien vertailua.

standardi	EN 16825	EN 17032	EN 17432	EN 16855-1	EN 16855-2
tuoteryhmä	säilytyskaapit	jäähdytys- ja pakastuslaitteet	walk-in huoneiden koneet	walk-in huoneet	walk-in huoneet
omakoneelliset	omakoneelliset pysty- ja vaakamallit	astia- ja vaunutäyttöiset	omakoneelliset	vaipan eristyskyky varusteineen	vaipan eristyskyky varusteineen
julkaistu	2016	2018/19	-	2017	2018
käytössä	kyllä	kyllä	-	-	-
EEl tuotetieto	kyllä	kyllä	-	-	-
energiatehokkuusmerkintä	kyllä	ei	-	-	-
kattaa tuotetyypit	ammattikeittiö	ammattikeittiö	ammattikeittiö	tehdasvakio	vakioista muunneltu
Käyttötarkoitus:					
• säilytys	kyllä	ei	kyllä	kyllä	kyllä
• jäähdytys-/pakastus-prosessi	ei	kyllä	ei	ei	ei
• muu valmistusprosessi	ei	ei	ei	ei	ei
Kylmäkoneiston tyyppi:					
• oma, ilmalauhdutteinen	kyllä	kyllä	kyllä	-	-
• oma, nestelauhdutteinen	ei	ei	kyllä	-	-
• erilliskoneisto	ei	ei	ei	-	-
hylytättyöinen	kyllä	kyllä	-	-	-
vaunutäyttöinen	ei	ei	-	-	-
läpiontomalli	ei	ei	-	-	-
ei kata tuotetyyppejä	myymälä	-	-	-	-
	salaattikylmiö	-	-	-	-
	arkkupaastin	-	-	-	-

3.7 Yhteenveto sääntelystä

Ammattikeittiöiden ilmastoystävällisyyteen vaikuttavat useat eri säädökset. F-kaasuasetus säätelee käytettäviä kylmäaineita, energiatehokkuusdirektiivit kannustavat energiansäästöön yleisemmillä tavoitteilla, ja energiamerkinnät sekä ekosunnitteludirektiivin alaiset standardit vaikuttavat osaan ammattikeittiöissä käytettävistä laitteista. Sääntely kehittyy jatkuvasti mm. tiukentuvien ilmastotavoitteiden vuoksi.

4 Talotekniikkayritysten asiantuntijoiden haastattelut

Asiantuntijahaastattelujen avulla pyrittiin saamaan konkreettinen kuva uudisrakennusten ja saneerauskohteiden lämmöntalteenoton ja -kierrätyksen nykytilasta, haasteista ja tulevaisuuden näkymistä.

Tutkimuksessa haastateltiin asiantuntijoita kolmesta suurimmasta Suomessa toimivasta talotekniikkayrityksestä (Sweco, YIT, Granlund). Haastattelujen tarkoituksena oli selvittää lämmöntalteenoton (LTO) ja kierrättämisen mahdollisuuksia tyypillisissä ammattikeittiöissä. Haastatteluissa käytiin läpi sitä, miten lämmöntalteenottoa ja -kierrätystä toteutetaan tällä hetkellä uudiskohteissa ja toisaalta myös saneerauskohteissa. Samalla kerättiin palautetta nykyisten ratkaisujen toimivuudesta ja etsittiin ideoita LTO:n tehostamiseksi. Lisäksi haastatteluilla kartoitettiin kierrätettävän energian hyödyntämisen mahdollisuuksia niin teknisten ratkaisujen kuin investointien takaisinmaksuaikojen näkökulmasta.

Haastattelukysymyksissä kiinnitettiin huomiota siihen, että rakentaminen jakautuu uudis- ja korjausrakentamiseen, joissa molemmissa on omat erityispiirteensä sekä rajoitteensa, jotka tulee ottaa huomioon lämmöntalteenottoa suunniteltaessa

Kysymykset jaettiin kolmeen eri ryhmään alla olevan luettelon mukaisesti:

- A. Talteen otetun lämmön hyötykäyttö
 - A1. Missä rakennuksen käyttökohteissa kierrätyslämpöä hyödynnetään nykyään?
 - A2. Mitä haasteita on kierrättämisessä havaittu?
 - A3. Voidaanko ammattikeittiöstä talteen otettua lämpöä hyödyntää keittiön omissa prosesseissa ja kuinka paljon?
 - A4. Voidaanko ammattikeittiöstä talteen otettua lämpöä hyödyntää muun kiinteistön tarpeisiin ja kuinka paljon?
 - A5. Mitä kehitysideoita on tutkittavaksi?
- B. Lämmön talteenottotekniikat
 - B1. Millä teknisillä tavoilla lämpöä otetaan talteen tällä hetkellä?
 - B2. Mitä etuja/haittoja/vahvuuksia niillä on?
 - B3. Eroaako ilmastointilaitteiston hyödyntäminen suoraan laitteistoista tapahtuvasta talteenotosta ja jos, millä tavoin?
 - B4. Millaisissa teholuokissa ja lämpötila-alueilla talteenottoa toteutetaan? Onko rajoittavia tekijöitä?
 - B5. Onko eroa tasaisen lämpökuorman talteenotossa verrattuna lyhtykestoisiin prosesseihin?
- C. Lämmön talteenoton hyötysuhde ja kustannussäästöt
 - C1. Mikä on tyypillinen lämmön talteenottojärjestelmän investointikustannus pienessä / keskiisuudessa / suuressa ammattikeittiössä tai päiväkotia / alakoulu / ala- yläkouluyhdistelmässä?
 - C2. Entä vastaavien investointien takaisinmaksuajat?
 - C3. Toteutetaanko kustannusten mittarointi oikein – onko kehitysajatuksia? Mitä etuja/haittoja LTO-järjestelmä tarjoaa?
 - C4. Järjestelmän käyttöikä ja ylläpitohuollon tarve sekä kustannukset?

4.1 Haastattelututkimuksen tulokset

Haastattelut suoritettiin sähköpostin ja puhelimen välityksellä. Haastateltavat kertoivat, että tällä hetkellä pienissä keittiöissä talteen otettua lämpöä ei hyödynnetä mitenkään. Suuremmissa kohteissa lauhdelämpöä otetaan talteen lauhduttamalla jäähdytysverkostoon, josta lämpöpumpun avulla siirretään se lämmitysverkostoihin. Tyypillisiä käyttökohteita ovat ilmanvaihdon esilämmitys, käyttöveden esilämmitys, suora tilojen lämmitys ja maalämmön keruunesteen lämmitys.

LTO-laitteet ovat lämmöntalteenotolla varustettuja ilmanvaihtokoneita. Teknisiä lämmönsiirratkaisuja on monia erilaisia, joista tässä haastattelututkimuksessa esiin nousi varteenotettavimpana vaihtoehtona lämpöpumpulla varustetut ilmanvaihtokoneet. Niillä voidaan lämmittää käyttövettä ja viilentää tuloilmaa aina tarpeen mukaan. Tällaisen laitteen tekninen käyttöikä on tyypillisesti 20 vuotta. Uusimmissa laitteissa lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde on parhaimmillaan yli 90 % ja koneen puhaltimien sähkönkulutus voi olla puolet verrattuna perinteisiin laitteisiin. Vastauksista käy selkeästi ilmi, että optimiratkaisussa koko lauhdelämpö olisi lämpöpumpun saatavilla, jolloin se voitaisiin hyödyntää tehokkaimmin. Myös vedenjäähdyttimiä voitaisiin hyödyntää lämpöpumppuna tarpeen mukaan.

Lämmöntalteenotossa koetaan keskeisimmäksi haasteeksi se, ettei tätä prosessia ole huomioitu useinkaan uudisrakentamisessa ja siksi järjestelmä jää usein toteuttamatta tai puutteelliseksi toteutusvaiheessa. Parhaaseen tulokseen päästään, mikäli talotekniikan suunnittelussa otetaan huomioon energia-virtojen kokonaisuudet ja suunnitellaan niiden käyttö valmiiksi, esimerkiksi missä lämpötilassa energia luovutetaan ja miten. Mikäli yritetään ottaa lämpöä talteen yksittäisiltä laitteilta tai laiteryhmillä, matalat talteenottolämpötilat tuovat lisähaasteita. Erityisesti pienillä tehoilla saavutettavat euromääräiset säästöt eivät tee investoinnista kannattavaa. Tarve ja talteenotto-kyky eivät ole samanaikaisia ja varastointi on vaikeaa. Lisäksi jäätyvät siirripinnat ja siirtonesteet tuovat omia haasteitaan käytännön toteutukselle.

Ammattikeittiössä talteen otetun lämmön hyödyntäminen on helpointa esimerkiksi käyttöveden esilämmityksessä. Mikäli keittiön toimintaan kuuluu säännöllinen pakasteiden sulatus, voisi lämpöä ohjata tällaiseenkin käyttöön. Tiedossa ei ole tällä hetkellä kaupallista sovellusta, joka mahdollistaisi tällaisen hyödyntämisen. Keskeistä on se, että nämä vaatimukset huomioidaan tarjouspyynnön elinkaarimallissa.

Pohdittaessa elintarvikehuoneistojen kylmälaitteista talteen otetun lämpömäärän hyödyntämistä kiinteistössä erillisenä kokonaisuutena, käyttökohteiksi sopisi esimerkiksi kylmälaitaiden aiheuttamien tilojen viilenemisen kompensoiminen ja talvella näiden tilojen lämmittäminen, joista viimeksi mainittuun on voitu usein käyttää myymälän kaikki lauhdelämpö. Samoin tuloilman esilämmitys ja maalämpöönesteeseen siirtäminen ovat niin suuria tehontarpeeltaan, että lauhdelämpö saadaan hyödyksi hyvin. Muissa järjestelmissä tehon ja tarpeen eriaikaisuus sekä terävät käyttösyklit aiheuttavat haasteita. Koulussa vuositason lauhdelämpöä voisi tulla n. 15 – 20 MWh ja talteen tästä eri järjestelmien häviöiden ja oman sähkönkulutuksen huomioimisen jälkeen saataisiin n. 50 – 70 %. Jos sähkön hinta on 0,07 €/kWh, saadaan vuositason aikaiseksi säästöjä parhaimmillaan joitain tuhansia euroja. Investointi aiheuttaisi hankintakustannusten lisäksi huoltokustannuksia, joten järjestelmän puhdas takaisinmaksuaika muodostuisi monen vuoden mittaiseksi. Olisiko tarjousten vertailussa, pelkkien eurojen lisäksi, syytä pohtia myös ympäristövaikutusten perusteella tehtävää pisteytystä?

Kustannustehokkainta on hyödyntää ammattikeittiöistä talteen otettua lämpöä suoraan ja yksinkertaisesti, jolloin hyödyntämislaitteiston rakenne on yksinkertainen, hankintahinta pieni ja huoltokustannuksetkin kohtuulliset. Kannattavuutta parantaa toisaalta se, että lämmöntalteenotto yhdistetään muihin taloteknisiin prosesseihin. Tällöin ne on suunnittelussa nähtävä yhtenä kokonaisuutena ja vältettävä osaprosessien kustannusoptimointia. Käytännössä on tehtävä valinta, että pelkän ilmanvaihdon jäähdytyksen sijaan päätetään hankkia lämpöpumppujärjestelmä, jossa on poistoilman lämmöntalteenotto sekä kylmäjärjestelmän lauhdelämmöntalteenotto.

Urakkamuoto ja tilaajan osaaminen vaikuttavat paljon järjestelmien älykkyyteen. Kunnallinen hankintaosaaminen tarvitsee tässä asiassa saatavilla olevaa laadukasta tietoa, esimerkiksi Motivan neuvontaa. Myös kylmälaitevalmistajilta kaivataan järjestelmäkuvaus- ja kytkentäkaavioita vesilauhduksista laitteista sekä kuvauksia toimitussisällöstä.

Tällä hetkellä lämpöä otetaan talteen erilaisilla lämmönsiirtimillä siirtäen lämpöä joko suoraan väliaineesta toiseen tai välillisesti. Jos lämmön lähde on tasainen, saatetaan lämmönsiirtoa tehostaa kasvatamalla lämpötilaeroa esim. kompressoriteknikalla. Tyypillinen käytännön sovellus tästä on lauhdutus keskitettyyn vesiverkostoon, mistä lämpö otetaan talteen lämpöpumpulla ja käytetään edelleen käyttöveden esilämmitykseen. Käytännössä lämmöntalteenotolla ja kierrättämisellä saadaan aikaan parhaat tulokset uudisrakentamiskohteissa, joissa nämä tarpeet on huomioitu projektisuunnitelmassa alusta alkaen.

Suorassa lämmöntalteenotossa laitteet ovat yksinkertaisia ja hyöty välitön. Välillisellä lämmönsiirrolla yleensä pyritään kasvattamaan talteen saatavan lämmön käytettävyyttä ja hyödynnettävyyttä, mutta monimutkaisempi laitteisto syö hyötyä huolto- ja investointikustannuksien vuoksi. Teknisesti monimutkaiset järjestelmät ovat vaikeampia ylläpitää ja vikaantumisherkempiä. Lisäksi erilaisissa ilmanvaihdon lämmöntalteenottotavoissa hyötysuhde voi jäädä huonoksi (pyörivän siirtimen vuosihyötysuhde on n. 80 % kun taas glykolilämmönsiirtimen vuosihyötysuhde on 55 %).

Mikäli lämpökuorma ammattikeittiössä jätetään pelkän ilmastointilaitteiston huolehdittavaksi, on sillä työskentelyolosuhteita huonontava vaikutus ilmastoinnin aiheuttaman vedon tunteen vuoksi. Myös kylmälaitteiden toiminta heikkenee laitteiden omien lauhduttimien likaantumisen sekä lähiympäristön lämpötilan nousemisen vuoksi.

Kansalliset sekä EU:n asetukset ja lainsäädäntö asettavat velvoitteita lämmöntalteenotolle. Suomessa nämä kuuluvat parhaillaan uudistettavana olevan maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) piiriin sekä ympäristöministeriön sisäilmasto ja ilmanvaihto -asetukseen (1009/2017). Toteuttamisvaihtoehtoja on monia, mutta kuten edellä olevasta voidaan päätellä, optimiratkaisun löytämiseen vaikuttaa monta eri tekijää. Lämpöpumppuinvestoinnille voidaan arvioida kannattavuuden alarajaksi vähintään 30 kW jatkuvaa lauhdetehoa, perustuen investointikuluun ja siitä saavutettaviin kustannussäästöihin. Tätä alarajaa on mahdollista laskea, mikäli talotekniikan suunnittelussa otetaan etukäteen huomioon lämmöntalteenoton tarve.

Tarjolla olevan lämpökuorman laatu vaikuttaa merkittävästi sen hyödynnettävyyteen. Lyhytkestoisen lämmön hyödyntäminen yleensä vaatii sellaista laitteistoa, että se ei ole kannattavaa kustannusten vuoksi. Kyseessä on lämpökuorman suuruuden lisäksi sen ajallinen jakautuminen suhteessa lämmöntarpeeseen. Lämpöpumppujen kompressorien käyntiä on mahdollista tasoittaa taajuusmuuttajakäytöillä ja varaajien mitoituksella, tasaisen kuorman osalta lämmön hyödynnettävyys on varmempaa. Tulevaisuudessa waterloop-tekniikka voi tarjota tehokkaan tavan niin kylmän tuottamisen kuin lämmöntalteenoton näkökulmasta. Tällä hetkellä ammattikeittolaitteiden tuottamaa lämpökuormaa ei tarjouspyyntövaiheessa yleensä suunnitella hyödynnettäväksi niin, että sen perusteella asetettaisiin kriteerejä hankittavalle tekniikalle.

Uusien kylmätekniisten ratkaisujen käyttöönoton haasteina ovat kustannukset ja tekninen toimintavarmuus. Erityisesti mittasuhteet ovat pienissä keittiöissä yleensä liian pienet lämmön talteenottoon, ja usein myös käyttövarmuus ajaa useaan pieneen erilliskoneikkoon, jolloin yksittäisen koneen tuottama lauhde-energia on todella pieni. Tässäkin waterloop-laitteet toisivat tehokkaan ratkaisun molempiin haasteisiin. Waterloop-järjestelmä mahdollistaisi myös kylmä- ja pakastehuoneissa kattokoneiden käytön vapauttaen käytävätilaa huoneiden ulkopuolelta sekä parantaisi huoneiden muunneltavuutta perinteisiin seinälle asennettaviin kylmäkoneisiin verrattuna. Taulukossa 7 on esitetty kolme tyypillistä, erikoista ammattikeittiötä kylmälaitemääriensä mukaisesti.

Taulukko 7. Tyypillisiä ammattikeittiön laitemääriä.

Keittiön koko	Kylmä- huoneiden lkm < 10 m3	Pakaste- huoneiden lkm < 10 m3	Kylmä- kaappien/-laa- tikostojen lkm	Pakaste- kaappien/-laati- kostojen lkm	Pikajäähdytys-/ pikapakastus- kaappien lkm
Pieni keittiö (esim. koulun valmistuskeittiö)	2	1	2+1	1	-
Keskikokoinen keittiö (esim. suuri valmistuskeittiö tai pienempi keskuskeittiö)	5	2	3+2	2+1	1
Suuri keittiö (esim. kunnan keskuskeittiö, keskussairaalan keittiö)	5	3	3+2	2+1	2

Teollisuuskiinteistöjä lukuun ottamatta itsenäiset lämmöntalteenottojärjestelmät ovat harvinaisia. Yleensä ne on integroitu osaksi kiinteistön ilmanvaihtojärjestelmää tai ne liitetään osaksi muita järjestelmiä, kuten maalämpöön. Investointikustannus on tyypillisesti 120 – 130 000 € / 60 kW höyrystintehoa. Takaisinmaksuaika venyy helposti pitkäksi, toisaalta järjestelmän käyttöikä on n. 20 vuotta, mikä rajoittaa osaltaan takaisinmaksuajan pituutta.

5 Johtopäätökset ja suositukset

Ammattikeittiön kylmälaitteiden talteen ottaman lämmön hyödyntäminen rakennuksen muissa prosesseissa vähentää rakennuksen kokonaisenergiantarvetta ja energiakustannuksia. Energiatehokkaiden ja alhaisen GWP:n kylmäaineilla toimivien kylmälaitteiden valinta on tärkeää lainsäädännön noudattamisen ja ilmastotavoitteiden saavuttamisen näkökulmasta.

Selvityksen perusteella ammattikeittiöiden kylmälaitteiden kokonaisenergiankulutusta sekä niissä käytettävien kylmäaineiden ympäristövaikutuksia voidaan merkittävästi vähentää seuraavilla tavoilla:

- ammattikeittiökohteiden suunnittelussa energiatehokkuuden tulisi olla yksi keskeisistä tavoitteista
- ammattikeittiösuunnittelun integroiminen talotekniikan suunnitteluun ja käyttöön on keskeistä energiatehokkuushyötyjen saavuttamiseksi; laitteiden ja järjestelmien tulee täydentää toisiaan
- luonnollisten kylmäaineiden käyttöä pitää suosia aina kun se on mahdollista. Niitä käyttävät sovellukset lisääntyvät jatkuvasti. Käyttökohteissa, joissa ei ole toistaiseksi mahdollista siirtyä luonnollisiin kylmäaineisiin, tulee suosia matalan GWP:n HFC/HFO- kylmäaineita
- luonnollisten kylmäaineiden käytöllä joissain sovelluksissa on vielä toistaiseksi rajoitteita, mutta alan nopea tekninen kehitystyö on tuomassa tähän ratkaisuja
- waterloop-tekniikka, jossa kylmälaitteet on kytketty keskitettyyn lauhdevesijärjestelmään yksittäin tai niillä on kullakin erillinen nesteen jäähdytin, tarjoaa turvallisen, energiatehokkaan ja ympäristöystävällisen vaihtoehdon perinteisille kylmälaitteille pohjoismaissa huomioiden ympäristöolosuhteet erityisesti talvisin.

5.1 Kylmälaitteiden lämmöntalteenoton mahdollisuudet

Ammattikeittiöiden energiatehokkuutta voidaan kohentaa lämmön talteenotolla (LTO). Lämmön talteenotto ja hyödyntäminen tulisi ottaa huomioon jo suunnittelun perusteista alkaen. Tätä varten pitää järjestelmä- ja laitetoimittajilta hankkia riittävä määrä tietoa, jotta voidaan varmistaa LTO-järjestelmän kustannustehokas toiminta. Lämmön talteenoton hyötysuhdetta voidaan parantaa laitevalinnoilla muun muassa siksi, että nestelauhdutteiset kylmälaitteet on jo valmiiksi varustettu lämmöntalteenottoa (LTO) varten. Tällaiset tehdasvalmiit ratkaisut tarjoavat talosuunnittelulle tarpeellista tietoa saatavilla olevista lämpömääristä LTO:n ja ilmastoinnin mitoittamiseksi. Tämä käy yhtenevästi ilmi haastattelututkimuksesta urakoitsijoiden ja kiinteistöautomaatiota edustavien yritysten sekä kylmälaitetoimittajien näkemysten kanssa.

Ammattikeittiöiden saneerauksissa ja erillisissä uudisprojekteissa on haasteita lämmöntalteenotolle ja ympäristötehokkaalle toiminnalle. Sekä saneerauksissa että uudishankkeissa on samankaltaisia haasteita; vanhan ilmastointilaitteiston tai LTO-järjestelmän hyödyntäminen uusien kylmälaitteiden tuottaman lämpökuorman pois siirtämisessä energiatehokkaasti ei ole helppoa. Projektikustannusten kannalta edullisimmat vaihtoehdot, kuten omakoneelliset kylmä- ja pakastekaapit heikentävät työskentelyolosuhteita erityisesti vedon tunteen ja lämpötilan osalta. Nämä haitat aiheutuvat laitteen toimintaperiaatteesta, omakoneelliset lauhduttavat talteenotetun lämpökuorman välittömästi laitteen ulkopuolelle, jolloin osa lämpökuormasta pääsee laitteen normaalin käytön yhteydessä laitteen sisälle ovien avaamisen yhteydessä. Toisaalta lauhdelämpö nostaa laitteen lähiympäristön lämpötilaa heikentäen käyntiaikasuhdetta ja edelleen energiankulutusta. Mikäli tätä sisäilman kohonnutta lämpötilaa pyritään laskemaan

ilmastoinnin tehoa lisäämällä, aiheuttaa se vedon tunteen jäähdytetyn ilman virtaamisen myötä ja vastaavasti ilmastointilaitteiston energiankulutus kasvaa. Yhteenvedona voidaan todeta, että näiden ratkaisujen lyhyen takaisinmaksuajan tuoma hyöty saatetaan menettää nopeasti kohonneina energiakustannuksina ja laitteiden lyhentyneenä käyttöikänä. Nämä haasteet ovat helposti ratkaistavissa järjestelmillä, joilla kylmälaitteiden talteen ottama lämpö siirretään pois keittiöstä niin, että se on helposti hyödynnettävissä muualla kiinteistössä energianlähteenä.

Parhaat tulokset ovat saatavissa kohteissa, joissa lämmöntalteenotto ja hyödyntäminen on otettu selkeästi huomioon jo koko kiinteistön projektisuunnitelmassa. Takaisinmaksuaikaa voidaan lyhentää valitsemalla kylmälaitteita, joista lämmöntalteenotto voidaan toteuttaa suoraan. Yhteenvedo talteenotetun lämmön hyötykäyttömahdollisuuksista on esitetty taulukossa 8.

Tällaisista laitteista tarvitaan projektisuunnitteluun lisää tietoa niin laiteominaisuuksien kuin toiminnallisuuksien osalta. Vastaavasti tarvitaan lisää tietoa modernin kiinteistötekniikan suomista mahdollisuuksista, jotta laitevalmistajat pystyvät paremmin vastaamaan tähän tarpeeseen.

Viranomaistaholta tämä vaatisi ohjeistusta, joka tarjouspyyntövaiheessa ohjaisi laitteiden ominaisuuksien pisteytystä niin, että valintapäätös esimerkiksi waterloop-liitettävälle laitteelle olisi myönteinen. Pelkkä energiatehokkuusmerkintä (EEI-merkintä) ei tätä vielä tee.

Haasteeksi koetaan tällä hetkellä helposti talteen otettavan lämpömäärän ja lämmön talteenoton kustannustehokkuuden kohtaamattomuus: tyypillisestä koulukeittiöstä on kohtuullisen helposti saatavilla 15 – 20 MWh/a, mutta LTO-järjestelmien kustannustehokkuus alkaa merkittävästi parantua vasta yli 30 kW luokassa. Haastateltavat näkivät waterloop-järjestelmien parantavan tätä tilannetta merkittävästi, koska näistä laitteista lämpö on saatavissa talteen suoraan.

Taulukko 8. Talteenotetun lämmön hyötykäyttö.

	Esilämmitys	Suora lämmitys
Käyttökohde	<ul style="list-style-type: none"> • ilmanvaihto • käyttövesi • ilmanvaihdon kuivaus 	<ul style="list-style-type: none"> • tilojen lämmitys • maalämmön keruuneste • sulanapitopiirit
Edut:	+ vältetään vedon tunne	+ hyvä hyötysuhde
Haasteet:	<ul style="list-style-type: none"> - investointikustannus - lämpökuorman tasaisuus 	<ul style="list-style-type: none"> - vedon tunne (tilojen lämmitys) - kylmälaitteiden energiankulutus

5.2 Energiansäästöpotentiaali

Ammattikeittiöiden yhteenlaskettu energiankulutus Suomessa on noin 2,4 TWh (Aaltonen 2017). Lämmön talteenotolla voidaan vähentää ammattikeittiön laitteiden energiankulutusta ja säästää lämmityskustannuksissa. Samalla voidaan säästää myös ilmanvaihdon energiankulutuksessa. Kokonaisenergiansäästöpotentiaalin arvioiminen on melko hankalaa (ks. Tietolaatikko 3.) Siihen kuitenkin kuuluvat sekä laitteiden sähkönkulutus että rakennuksen lämmittämiseen ja jäähdyttämiseen kuluva energia.

Tietolaatikko 3. Ammattikeittiölaitteiden energiankulutuksen mittaukseen sisältyviä haasteita.

Ammattikeittiölaitteiden energiankulutuksen mittaukseen sisältyy haasteita: Ekosuunnitteludirektiivin alaiset standardit kattavat vain osan laitteista ja niistäkin vain tietyt variantit, minkä vuoksi kaikkien laitteiden ominaiskulutustiedot eivät ole saatavilla. Tällä hetkellä energiatehokkuusmerkintää edellytetään ainoastaan pistotulppaliitännäisiltä säilytyskaapeilta sekä kylmävetolaatikostoilta. Erilliskoneelliset sekä waterloop (nestelauhdutteiset) ovat merkintäjärjestelmän vaatimusten ulkopuolella.

Kylmä- ja pakastehuoneille on olemassa standardi koneikon kylmätehon tarpeen määrittämiseksi, mutta sitä ei veloiteta käyttämään. Näiden huoneiden koneikoille on tulossa standardi energiankulutuksen mittaamiseksi ja se kattaa omakoneellisista ilma- ja nestelauhdutteiset mallit. Ei ole tietoa, veloitetaanko valmistajia sen käyttämiseen.

Jäähdytys- ja pakastuskaapeille, pienille ja ilmalauhdutteisille, on standardi, joka edellyttää kWh/jähdytetty ruoka-kg/prosessiarvon ilmoittamista, mutta yleisimmät ja enemmän energiaa kuluttavat vauvutäyttöiset laitteet on jätetty toistaiseksi sen vaikutusalueen ulkopuolelle. Lisäksi kaikki nämä standardit mittaavat energiankulutusta testiolosuhteissa, joten niiden avulla määritetyt energiankulutusarvot poikkeavat oleellisesti todellisesta käytöstä, vaikka testiolosuhteet ovatkin keskenään vertailukelpoisia. Testeissä ympäristölämpötilat on määritetty viileiksi eikä niissä huomioida mm. lauhduttimen likaantumista. Näistä syistä käytännön tutkimus todellisissa ammattikeittiöolosuhteissa toisi kaikille alan toimijoille uutta tietoa, jota ei ole tällä hetkellä käytettävissä.

Perinteisesti Suomessa suurin osa erityisesti suuremmista kylmä- ja pakastehuoneista on toteutettu erilliskoneistoilla. Samoin myös julkisella sektorilla kylmä- ja pakastekaapit. Näiden kaappien, huoneiden ja kylmätyöpöytien kokonaismäärästä ei ole käytettävissä tarkkoja määriä. Sen sijaan näiden lisäksi käytössä olevista pienistä ja keskisuurista kylmä- ja pakastehuoneista voidaan luotettavasti arvioida Suomessa käytössä olevan tällä hetkellä 10 – 15 000 kylmä/pakastehuonetta, jotka voitaisiin toteuttaa waterloop-järjestelmällä. Tämän yksittäisen kylmälaiteryhmän lämmöntalteenoton mahdollisuuksia ja siitä koituvia säästöjä voidaan arvioida seuraavien tietojen perusteella:

- Työteho-seuran (TTS) testeissä on havaittu, että lauhduttimelle tulevan ilman lämpötilan (ympäristölämpötilan) nousu 7 °C:llä aiheutti:
 - Pakastekaapeilla keskimäärin 22 % käyntiajan lisääntymisen vuodessa, mikä lisäsi energiankulutusta noin 11 %.
 - Kylmäkaapeilla keskimäärin 32 % käyntiajan lisääntymisen vuodessa, mikä lisäsi energiankulutusta noin 32 %.
- Tyypillisen pakastehuoneen (n. 7 m³) energiankulutus 14,3 kWh/d = 5 219,5 kWh/a, jolloin 5000 pakastehuoneen kulutus 26 000 MWh/a.
- Kylmähuoneen energiankulutus on noin 1/3 pakastehuoneen kulutuksesta, arvio 4,75 kWh/d, mikä vastaa vuosikulutuksena 1 739,8 kWh/a. 10 000 kylmähuoneen kulutus on vastaavasti 17 000 MWh/a.
- Waterloop- tekniikalla, joka siirtää talteen otetun lämmön pois laitteen läheisyydestä ja antaa mahdollisuuden lämmön talteenotolle (LTO) ja kierrättämiselle, voidaan arvioida saavutettavan yhteensä jopa 8 300 MWh vuosisäästöpotentiaali, 6 c/kWh hinnalla € 500 000.
- Jos käytetään kulutussähkön vuosikertoimen Suomen vuoden 2018 sähkönkulutuksen keskimääräistä päästökerrointa 115,6 t CO₂- ekvivalenttia/GWh (Lounasheimo ym. 2020) saadaan pelkkien kylmähuoneiden vuotuiseksi säästöpotentiaaliksi 975 t CO₂-ekv. Tästä arviosta puuttuvat kylmä- ja pakastekaapit ja muut kylmälaitteet.

Laskelma edustaa kuitenkin vain pientä osaa ammattikeittiöiden kokonaisenergiansäästöpotentiaalista. Ulkopuolelle jäävät mm. jäähdytys- ja pakastuslaitteet sekä ne kuuman keittiön laitteet, kuten astianpesukoneet, joissa kylmälaitteiden tuottamaa lämpöä voidaan suoraan hyödyntää. Tässä vaiheessa ei voida esittää arvioita kokonaisenergiansäästöpotentiaalista, mutta kappaleessa 6 ehdotettu pilottihanke tukisi sen arviointia. Ulkopuolelle jää myös joukko muita hyötyjä, kuten laitteiden pidentyvä käyttöikä, miellyttävämmät työskentelyolosuhteet ja pienemmät kylmäainemäärät.

5.3 Siirtyminen luonnollisiin kylmäaineisiin

Perinteisesti vanhoja HFC-kylmäaineita käyttävillä järjestelmillä lämpö- ja äänikuorman vähentämisen tarve on aiemmin ohjannut ammattikeittiösuunnittelua hyödyntämään suuremmissa kylmäsäilytyslaitteissa sekä prosessilaitteissa erilliskoneistollisia vaihtoehtoja. F-kaasusetuksen vuonna 2020 voimaan astuneiden rajoitusten (Asetuksen liite III, rajoitukset 11 ja 12) myötä korkean GWP:n erilliskoneistollisista laitteista ollaan siirtymässä ilmastoystävällisempiin vaihtoehtoihin.

Ammattikeittiöiden kylmälaitteiden ja -järjestelmien suunnittelussa eletään murrosvaihetta, ja suora siirtyminen vanhoista kylmäaineista luonnollisiin ei onnistu. Toisin oli Montrealin pöytäkirjan aikaisempien vaatimusten toteuttamisen kanssa, jolloin siirryttiin yhdestä halogenoidusta kylmäaineesta toiseen haitattomampaan halogenoituun aineeseen, vain kylmäaineita järjestelmiin vaihtamalla. Nyt kun siirrytään halogenoiduista aineista luonnollisiin kylmäaineisiin, on muutos teknisesti haasteellisempi. Näitä haasteita kuvataan tässä kappaleessa edempänä.

Tilanne on kuitenkin jo tälläkin hetkellä rohkaiseva – mitään kylmäteknistä ratkaisua ei ole enää välttämätöntä toteuttaa perinteisellä tavalla (korkean GWP:n aineilla toimivat laitteet, joissa ei ole lämmön talteenottoa). Hiljaisen käyntiäänien ja lämmön tehokkaan siirtämisen osalta hyväksi havaitut erilliskoneistolliset ratkaisut ovat toteutettavissa waterloop-tekniikkaa hyödyntäen luonnollisilla kylmäaineilla, kuten hiilivedyillä myös pienissä ja keskisuurissa kohteissa. Suurempien järjestelmien kohdalla hiilidioksidi tarjoaa oivallisen vaihtoehdon. Niiden lisäksi uusia, yhä parempia ja entistä matalamman GWP:n HFC/HFO-komponentteja sisältäviä kylmäaineseoksia tulee jatkuvasti markkinoille, ja ne tarjoavat ratkaisuja niihin kohteisiin, joissa jostain syystä luonnolliset kylmäaineet eivät sovellu vielä käytettäviksi.

Ammattikeittiöiden erilliskoneellisissa vaihtoehdoissa perinteisistä luonnollisista kylmäaineista jää tällä hetkellä käytettäväksi ainoastaan R744 (hiilidioksidi). Ammoniakki on poissuljettu myrkyllisyytensä vuoksi. Molemmat vaihtoehdot ovat suurten kylmäjärjestelmien kylmäaineita, eikä niille ole käytökohteita ammattikeittiön omakoneellisissa kylmälaitteissa. Suurien kylmäjärjestelmien osalta, joissa kylmäainetäyttö lähestyy turvallisia raja-arvoja suhteessa tilojen suuruuteen, on huomioitava, että hiilidioksidi on suurina pitoisuuksina luokiteltu tukahduttavaksi kaasuksi. Tämä vaara tosin koskee vain suuria suuren kylmäainetäytön erilliskoneistollisia laitteita tiloissa, joissa ilmanvaihto ei ole riittävä. Tämä riski on helposti hallittavissa vuodonilmaisimilla, jotka sijoitetaan tiloihin, joissa riski on todellinen. Haasteeksi muodostuu varojärjestelmän investointikustannus. Hiilidioksidijärjestelmä toimii perinteisiä kylmäaineita käyttäviä laitteita korkeammilla paineilla, mikä asettaa erityisiä vaatimuksia komponenttien paineenkestolle lisäten investointikustannuksia. Alla tietolaatikko 4 työsuojelun näkökulmasta.

Mikäli tavoitteena olisi perinteisen kaltaisen erillisjärjestelmän toteuttaminen ympäristöystävällisillä vaihtoehdoilla, ovat luonnollisista kylmäaineista hiilivedyt (HC) toistaiseksi poissuljettu vaihtoehto, niiden edellyttämästä suuresta täyttömäärästä johtuen. Tällaisia käyttökohteita ovat esimerkiksi jäähdytys- ja pakastuslaitteet, jotka vaativat suuren kylmätehon aiheuttaen korkean äänikuorman.

Toistaiseksi hiilidioksidia (R744) käyttävät kylmäkoneikot ovat vielä hankintakustannuksiltaan 3 – 5 kertaa kalliimpia perinteisiin vaihtoehtoihin verrattuna, mikä vähentää niiden kysyntää. Käyttäjiltä saadun palautteen mukaan teholtaan vastaavien waterloop- ja hiilidioksidijärjestelmien käyttökustannukset eivät juurikaan poikkea toisistaan odotettavissa olevan häiriöttömän käyttöiän ollessa molemmilla samaa luokkaa.

Markkinoilla on saatavilla matalan GWP:n korvaavia HFO/HFC-kylmäaineseoksia, mutta niidenkin saatavuus on tulevaisuudessa nykyistä rajoitetumpaa F-kaasuasetuksen vähenevien kiintojen myötä.

Tietolaatikko 4. Työsuojelun näkökulma.

Työsuojelun näkökulmasta tällä hetkellä käytössä olevat uudet kylmäaineet eivät muodosta riskiä itsessään, koska laitteiden turvallisuusvaatimukset ovat konedirektiivin (2006/42/EY) sekä pienjännittdirektiivin (2014/35/EU) säätäminä hyvin ohjeistettu laitevalmistajille. Sen sijaan laitteiden vaikutus työskentelyolosuhteisiin on säätelyn ulkopuolella, ammattikeittiölaitteiden äänitasoille ei ole asetettu samanlaisia erityisiä vaatimuksia kuin esimerkiksi kotitalouslaitteille. Myöskään laitteiden tuottamaa lämpökuormaa ei arvioida. Olisi hyvä myös pohtia, mitä merkitystä hiljaisella sekä miellyttävällä viileällä ammattikeittiöllä olisi sekä työn tuottavuudelle että sairauspoissaoloille? Tältäkin näkökannalta waterloop-järjestelmä toisi lisähyötyjä.

5.4 Julkisten hankintojen strategia ja kuntien hiilineutraalisuustyö ammattikeittiöiden ilmastoystävällisyysmurroksessa

Lainsäädännön ohella julkinen valta tukee ilmastoystävällisyysmurrosta myös vapaaehtoisuuteen perustuvien keinoin. Syyskuussa 2020 julkaistiin ”Vaikuttavat julkiset hankinnat” –toimenpideohjelma (Hankinta-Suomi). Ohjelma on merkittävä edistysaskel kestävien hankintojen edistämiseksi. Strategiassa (VM & Kuntaliitto 2020) mainitaan, että haasteita tullaan ratkaisemaan innovatiivisesti ja hankintoja tullaan tekemään kokeilevasti ja kehitysmuotoisesti. Waterloop-järjestelmät ja lämpöenergian kierrättäminen kiinteistöissä selkeästi parantaa kiinteistön ekologista kestävyyttä. Yhtä lailla pienentyvä energiankulutus tukee hiilineutraaliustavoitteiden saavuttamista. Julkiset investoinnit ja kestävät julkiset hankinnat tukevat myös työllisyyttä (Kuusi ym. 2021). Suomessa on laadittu kriteerit kylmälaitteiden kestäville julkisille hankinnoille (Reinikainen & Johansson 2019). Niiden noudattaminen olisi tärkeää sekä yritysten ja kuntien kannalta (mm. tuplainvestointien välttämiseksi) että osana Suomen ilmastotavoitteiden toimeenpanoa. Samasta aiheesta on laadittu myös Pohjoismaiset kestävien hankintojen kriteerit (Poulsen & Pedersen 2020).

Kunnissa tehdään merkittävää hiilineutraalisuustyötä: jo yli 70 kuntaa ja viisi maakuntaa on liittynyt HINKU-verkostoon (Hiilineutraalit kunnat ja maakunnat). Ne ovat sitoutuneet 80 %:n päästövähennystavoitteeseen vuoteen 2030 mennessä. Lisäksi Hinku-verkosto jakaa tietoa ilmastomuutoksen hillinnän parhaista käytännöistä, tukee kuntien ilmastotyötä sekä luo kysyntää ilmastoystävällisille tuotteille ja palveluille (Hiilineutraalisuomi.fi 2021).

5.5 Suositukset

Kun kiinteistönomistaja suunnittelee omistamansa kiinteistön peruskorjausta tai suurkeittiön sisältävän uudisrakennuksen rakentamista, tulee ratkaisut suunnitella ensisijaisesti luonnollisia kylmäaineita käytäviksi ratkaisuksiksi, jotta vältetään tarpeettomilta muutos- ja korjausinvestoinneilta.

Talosuunnittelussa kannattaa ottaa huomioon se, että lämmöntalteenotto yhdistetään muihin taloteknisiin prosesseihin. Tässä waterloop-järjestelmään perustuvat energiatehokkuusparannukset ja luonnolliset kylmäaineet ovat avainasemassa.

Projektisuunnitelmissa suositellaan lämmöntalteenoton ja hyödyntämisen ottamista huomioon jo suunnittelun perusteista alkaen. Tätä varten pitää järjestelmä- ja laitetoimittajilta hankkia riittävä määrä tietoa, jotta voidaan varmistaa LTO-järjestelmän kustannustehokas toiminta. Näiden tietojen pysyminen osana tarjouspyyntöasiakirjojen vaatimuksia on myös varmistettava.

Saneerauskohteissa pelkkiä ammattikeittiön kylmälaitteita uudistettaessa, lämmöntalteenoton ja lämmön hyödyntämisen toteuttaminen on kustannustehokkuudeltaan haasteellista. Siksi saneeraukseen olisi suositeltavaa sisällyttää ammattikeittiölaitteiden ohella myös tilailmastoinnin uudistaminen. Samalla voidaan varmistaa, että ilmastoinnin jäähdyttäminen on toteutettu saneerauksen jälkeen ilmastoystävällisillä ratkaisulla.

Uudisrakennuskohteissa tilanne on helpompi, mikäli kokonaisuus eli LVI, LTO ja ammattikeittiön laitekanta suunnitellaan yhteensopivaksi.

Esimerkiksi HINKU-verkosto voisi ottaa asiakseen edistää ilmastoystävällisiä kylmälaittehankintoja ja ilmastoystävällisiä suurkeittiöitä.

6 Ehdotus jatkotutkimukseksi

Tässä selvityksessä määritettiin lähtökohdat ammattikeittiöiden muuttamiseksi nykyistä ilmastoystävällisemmiksi. Seuraavassa vaiheessa tarvitaan käytännön tutkimushanke, jonka avulla luodaan edellytykset ilmastoystävällisyyksimuutoksille ammattikeittiöissä osana rakennusten energiatehokkuusparannuksia.

Konkreettista lisätietoa tarvitaan ammattikeittiöiden käytännön nettoenergiansäästöpotentialista ja mahdollisuudesta skaalata ammattikeittiöiden ja niitä sisältävien kiinteistöjen energiatehokkuuden parantamista sekä uudiskohteisiin että perusparannuskohteisiin. Käytännön tutkimushankkeessa suunniteltaisiin ja toteutettaisiin kahden ammattikeittiön lämmöntalteenotto perustuen luonnollisilla kylmäaineilla toimiviin laitteisiin, waterloop-järjestelmään sekä LTO-optimointiin. Kohteista tehtäisiin energiankulutus-, investointi- ja käyttökustannus- sekä lämpötilantasaisuusarviot sekä sisäilmanlaatututkimukset, joita verrattaisiin vastaaviin, mutta tätä tutkimusta varten mittaroitaviin perinteisiin ammattikeittiöihin ja niitä sisältäviin vastaaviin kiinteistöihin.

Tutkimusprojekti mahdollistaisi sekä jatkuvan tasaisen lämpökuorman että lyhytaikaisten, mutta lämpömäärältään hetkellisesti suurempien, lämpökuormien talteenoton ja hyödyntämisen mittaroimisen sekä hyötysuhteen ja kustannusten takaisinmaksuajan luotettavan selvittämisen.

Tutkimuksen tulokseksi saataisiin arviot vastaavien muutosten kustannuksista, investointien takaisinmaksuajoista, energiansäästöstä ja niihin liittyvistä päästövähennyksistä sekä muutoksen vaikutuksista sisäilman laatuun ja lämpötilan tasaisuuteen. Nämä tiedot ovat oleellisia vastaavien investointien kannattavuuden arvioissa ja investointilaskennassa kaikissa kunnissa, mutta myös yksityisellä sektorilla vastaavissa uudisrakennus- ja kunnostuskohteissa. Tuloksilla voisi olla myös hyödynnettävyyttä EU:n laajuisesti. Samalla syntyisi vientikelpoista osaamista suurkeittiöiden ilmastoystävällisyyksimurroksesta.

Lyhenneluettelo

CEN	Comité Européen de Normalisation on yksityinen voittoa tavoittelematon järjestö, jonka päätehtävänä on edistää eurooppalaista standardisointia. Tässä esiselvityksessä ENxxxxx viittaa eurooppalaiseen standardiin, missä xxxxx on yksilöllinen tunniste kullekin standardille. Suomessa julkaistut käännökset näistä standardeista on nimetty SFS-EN xxxxx. CEN tekee yhteistyötä ISO:n kanssa jakaen vastuut eri standardien ylläpitämisestä sekä kehittämisestä. EY:n asetukset viittaavat usein EN-standardeihin säädettyjen raja-arvojen tai vaatimustenmukaisuuksien todentamistapoina.
CEN/TC	Technical Committee, tekninen komitea. TC44 on ollut vastuussa ammattikylmälaitteiden energiatehokkuutta mittaavien standardien luomisesta.
CEN/TC/WG	Working Group, työryhmä. Teknisen komitean alaisuudessa toimivat eri työryhmät valmistellen kukin yksittäistä standardia.
GWP	Global warming potential on indeksi, joka kuvaa aineen vaikutusta ilmaston lämpenemiseen. Muita aineita verrataan hiilidioksidiin, jonka GWP-arvo on 1.
HC	Hiilivety, luonnollinen kylmäaine, esim. R290.
HFC	HFC-yhdisteet eli fluorihiilivedyt sisältävät vetyä, fluoria sekä hiiltä. Ne ovat fluorattuja kasvihuonekaasuja, joiden käyttöä rajoitetaan F-kaasuasetuksella (EU) N:o 517/2014. Kullakin kylmäaineella tai niistä valmistetulla kylmäaineseoksella on oma kylmäainetunniste, R-numero, esim. R134a, R404A.
HFO	Hydrofluoriolefiinit ovat neljännen sukupolven fluoripohjaisia kaasuja. Ne eivät kuulu F-kaasuasetuksella (EU) N:o 517/2014 käyttörajoitettuihin kylmäaineisiin, mutta niitä koskee raportointivelvoite.
ISO	International Organization for Standardization on kansainvälinen standardisoimisjärjestö. Se ei ole minkään hallituksen alainen, mutta standardiensa välityksellä sillä on merkittävä vaikutusvalta. ISO:n standardit ovat suosituksia.
LTO	Lämmön talteenotto.
ODP	Ozone depleting potential kuvaa kemikaalin otsonikerroksen vaurioittamiskykyä. Referenssiksi on valittu jo käytöstä poistettu kylmäaine R11, joka on freoni ja sen ODP-arvoksi on annettu 1. Mitä suurempi ODP-luku on, sitä vaarallisempi se on otsonikerrokselle.
RHDS	ks. omakoneellinen nestelauhdutteen/ omakoneellinen waterloop.
Ruokavirasto	Evira yhdistettiin vuoden 2019 alusta Maaseutuviraston sekä Maanmittauslaitoksen tietotekniikan palvelukeskuksen osan kanssa, muodostaen Ruokaviraston. Valtion Elintarvikevirasto Evira toimi vuosina 2006 – 2018. Evira on vastannut elintarvikehygieniasta, julkaissut useita oppaita, jotka selventävät lainsäädännön vaatimuksia elintarvikealan toimijoille sekä ohjeistavat viranomaisvalvontaa Oiva-ohjeistuksen avulla. Oiva-ohjeistus kuuluu nykyään Ruokaviraston vastuualueisiin.
SFS	Suomen Standardisoimisliitto SFS ry on suomalainen standardisoinnin keskusjärjestö. SFS on jäsenenä kansainvälisessä standardisoimisjärjestössä ISO:ssa ja eurooppalaisessa standardisoimisjärjestössä CEN:ssä.
TFA	Trifluorietikkahappo, jota syntyy ilmakehässä matalan GWP:n HFC/HFO-kylmäaineiden hajoamistuotteena. TFA saattaa muodostaa ympäristöongelmia tulevaisuudessa.

Kylmäaineluettelo

- R134a** HFC-kylmäaine, 1,1,1,2 -tetrafluorietaani, GWP 1430. Käyttö on kielletty uusissa omakoneellisissa kylmälaitteissa 1.1.2022 alkaen.
- R290** Luonnollinen kylmäaine, HC, GWP 3, erittäin helposti syttyvä.
- R404A** HFC-kylmäaine, kylmäaineseos, joka koostuu R125 (44 %), R143a (52 %) ja R134a (4 %). Seoksen GWP 3922, käyttö on kielletty uusissa omakoneellisissa kylmälaitteissa 1.1.2020 alkaen.
- R744** Ympäristöystävällinen, luonnollinen kylmäaine, hiilidioksidi CO₂, jonka ODP (Ozone depleting potential) on nolla ja GWP vain 1 eli hiilivetyjäkin alhaisempi vaikutus kasvi-huoneilmion syntyyn. Höyryt ovat ilmaa raskaampia ja ne saattavat kerääntyä kuoppa-kohtiin ja aiheuttaa tukehtumisen vaaraa. R744-kylmälaitos pitää mitoittaa HFC- ja HC-kylmäaineita käyttäviin laitoksiin verrattuna suurempia paineita kestävämmäksi, jolla on merkittävä kustannusvaikutus.
- R448A** R448A kylmäaine on HFC/HFO-seos, ei-palavaksi luokiteltu, GWP 1386, R404A:ta korvaava kylmäaine. Matalan höyrystyslämpötilan kohteissa jäähdytysteho pienenee 10–15%, mutta hyötysuhde paranee. Se on sekoite seuraavista kylmäaineista: R1234ze (7 %), R1234yf (20 %), R134a (21 %), R125 (26 %) ja R32 (26%).
- R449A** R449A kylmäaine on HFC/HFO-seos, ei-palavaksi luokiteltu, GWP 1397, R404A:ta korvaava kylmäaine. Sen ominaisuudet poikkeavat jonkin verran korvattavista kylmäaineista, mikä tulee aina huomioida aina ottaen huomioon. Se on sekoite seuraavista kylmäaineista: R32 (41 %) *, R125 (18 %) *, R1234yf (19 %) * ja R134a (22 %) *.
- R452A** R452A kylmäaine on HFC/HFO-seos, ei-palavaksi luokiteltu, GWP 2141, R404A:ta korvaava kylmäaine. Se on sekoite seuraavista kylmäaineista: R125 (59 %), R1234yf (30 %) ja R32 (11 %).

* Seoksen prosenttiosuudet on pyöristetty kokonaisiksi prosenteiksi.

Käsitteitä

Ammattikylmälaitteet

Professional refrigeration equipment. Energiatohokkuusdokumentaatioissa käsittää kylmälaitteet, joita käytetään ammattikeittiöissä, hotelleissa, ravintoloissa sekä catering-käytössä. Poikkeavat myymäläkalusteista siinä, että kuluttajalla tai asiakkaalla ei ole pääsyä näihin laitteisiin esim. kioskissa tai myymälässä.

Brine

Kylmälaite, jonka höyrystimeen syötetään suoraan kylmää liuosta. Soveltuu ainoastaan säilytyskylmälaitteelle. Harvinainen Suomessa.

Erilliskoneistollinen

Erilliskoneistollinen kylmälaite tulee liittää erilliskoneistoon tai keskuskoneistoon. Kompressorin lauhduttiminen sijaitsee erillisessä tilassa tai rakennuksen ulkopuolella. Tyypillisesti ollut HFC-kylmäaineella varustettu laite, ympäristöystävällisimmät versiot käyttävät hiilidioksidia (R744).

Lauhdelämpö

Lämpöenergia, jonka kylmälaite siirtää ensin kylmäaineeseen jäähdyttääkseen tiettyä tilaa ja edelleen lauhduttimen tai lämmönvaihtimen avulla edelleen pois kylmäaineesta.

Lauhduttaminen

Kylmälaitteessa kuuman kylmäaineen tarkoituksellista viilentämistä.

Lämpökuolemispiste

Lämpötila (mikrobiologiassa), joka tarvitaan tuhoamaan tietty määrä soluja tai itiöitä tietyissä olosuhteissa.

Maalämmön keruuneste

Lämmönkeruuneste, usein vesi-glykoliseos, mihin maaperän lämpö sitoutuu ja mikä kuljettaa sen lämpöpumpulle.

Myymäläkalusteet

Commercial refrigeration equipment, Energiatohokkuusdokumentaatioissa käsittää kylmälaitteet, joita käytetään marketeissa, huoltoasemilla ja muissa sellaisissa paikoissa, joissa asiakkaat poimivat haluamansa tuotteet itse kylmälaitteista.

Omakoneellinen

Omakoneellinen kylmälaite on tyypillisesti hermeettisesti suljetulla ilmalauhdutteisella kompressorikoneistolla toimiva kylmälaite, joka liitetään verkkojohdolla sähkösyöttöön eikä vaadi kylmäteknisiä toimenpiteitä käyttöönoton yhteydessä. Kylmälaitteen talteenottama ja tuottama lämpö siirtyy ilmaan, kylmälaitteen välittömään läheisyyteen.

Omakoneellinen waterloop (nestelauhdutteinen)

Omakoneellinen kylmälaite on nestelauhdutteinen, tyypillisesti hermeettisesti suljetulla kompressorikoneistolla toimiva kylmälaite, joka liitetään verkkojohdolla sähkösyöttöön sekä joko omaan erilliseen tai kiinteistön lauhdevesijärjestelmään. Järjestelmä siirtää talteen otetun lämmön pois laitteen läheisyydestä ja antaa mahdollisuuden lämmön talteenotolle (LTO) ja kierrättämiselle. (Liite 2)

Prosessilaitteet

Jäähdytys- ja pakastuslaitteet, joilla muutetaan elintarvikkeen lämpötilaa välittömästi kypsennyksen jälkeen siten, että ne voidaan siirtää säilytettäväksi kylmä- tai pakastelaitteeseen. Mikrobiologisesti elintarvikkeiden säilyttämiselle vaarallisin lämpötila-alue on $+10\text{ °C} - +60\text{ °C}$, mikä tulee ohittaa mahdollisimman nopeasti. Tarkemman vaatimukset annetaan EU-jäsenvaltioiden kansallisessa lainsäädännössä. Pakastamisen osalta kriittinen tekijä on nopeus, jäätymisen tulee edetä vähintään 1 cm/h .

Säilytyslaitteet

Kylmä- ja pakastelaitteita, jotka ovat tarkoitettu valmiiksi jäähdytettyjen tai pakastettujen elintarvikkeiden säilyttämiseen asetusten mukaisessa säilytyslämpötilassa.

Lähteet

- Aaltonen, J. 2017. Ammattikeittiön ilmanvaihtojärjestelmän energiatehokkuuden optimointi. Aalto Yliopisto (diplomityö) https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/27996/master_Aaltonen_Jenni_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y [vierailtu 9.8.2021].
- CEN TC44WG2. Document N0129, Draft Document EN17032 clean. 29.1.2018.
- Elintarvikehuoneistoasetus 1367/2011, annettu 1 tammikuuta 2012, Maa- ja metsätalousministeriön asetus ilmoitettujen elintarvikehuoneistojen elintarvikehygieniasta. <https://www.finlex.fi/fi/laki/smur/2011/20111367>
- European Commission: M/495 Standardisation mandate to CEN, CENELEC and ETSI under Directive 2009/125/EC relating to harmonised standards in the field of Ecodesign. <http://ec.europa.eu/growth/tools-databases/mandates/index.cfm?fuse-action=refSearch.search> [vierailtu 6.12.2020].
- EEA, European Environment Agency 2020. Fluorinated greenhouse gases 2020. Saatavilla osoitteessa: <https://www.eea.europa.eu/publications/fluorinated-greenhouse-gases-2020> [vierailtu 4.12.2020].
- Euroopan komission asetus EU 2015/1095, annettu 5 päivänä toukokuuta 2015, Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2009/125/EY täytäntöönpanosta ammattikäyttöön tarkoitettujen kylmä- ja pakastesäilytyskaappien, pikajäähdytyskaappien, lauhdutyksiköiden ja prosessijäähdytyslaitteiden ekologista suunnittelua koskevien vaatimusten osalta. Euroopan unionin virallinen lehti (L177): 19-51.
- Euroopan komission delegeoitu asetus EU 2015/1094, annettu 5 päivänä toukokuuta 2015, Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2010/30/EU täydentämisestä ammattikäyttöön tarkoitettujen kylmä- ja pakastesäilytyskaappien energiamerkinnän osalta. Euroopan unionin virallinen lehti (L177):2-18.
- Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus 517/2014/EU, annettu 16 huhtikuuta 2014, fluoratuista kasvihuonekaasuista ja asetuksen 842/2006/EY kumoamisesta. Euroopan unionin virallinen lehti (L150):195-230.
- Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 89/106/ETY, annettu 21 päivänä joulukuuta 1988, rakennusalan tuotteita koskevan jäsenvaltioiden lainsäädännön lähentämisestä. Euroopan yhteisöjen virallinen lehti (L40/12):185-199.
- Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2006/42/EY, konedirektiivi (MD), annettu 17 päivänä toukokuuta 2006, koneista ja direktiivin 95/16/EY muuttamisesta. Euroopan unionin virallinen lehti (L157):24-86.
- Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2009/125/EY, ekosuunnitteludirektiivi (EDD), annettu 21 päivänä lokakuuta 2009, energiaan liittyvien tuotteiden ekologiselle suunnittelulle asetettavien vaatimusten puitteista (uudelleenlaadittu). Euroopan unionin virallinen lehti (L285):10-35.
- Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2014/35/EU, pienjännitedirektiivi (LVD), annettu 26 päivänä helmikuuta 2014, tietyllä jännitealueella toimivien sähkölaitteiden asettamista saataville markkinoilla koskevan jäsenvaltioiden lainsäädännön yhdenmukaistamisesta (uudelleenlaadittu). Euroopan unionin virallinen lehti (L96):357-374.
- Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2014/68/EU, painelaitedirektiivi (PED), annettu 15 päivänä toukokuuta 2014, painelaitteiden asettamista saataville markkinoilla koskevan jäsenvaltioiden lainsäädännön yhdenmukaistamisesta (uudelleenlaadittu). Euroopan unionin virallinen lehti (L189):164-259.
- Hinkukriteerit. 2020. Saatavilla osoitteessa: <https://www.hiilineutraalisuomi.fi/fi-FI/Hinku/Hinkukriteerit> [vierailtu 12.3.2021].
- IEC 60335-2-89 ed3.0 (2019-06) Household and similar electrical appliances - Safety - Part 2-89: Particular requirements for commercial refrigerating appliances and ice-makers with an incorporated or remote refrigerant unit or motor-compressor. Saatavilla osoitteessa: <https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/IEC/IEC/ID9989/6/784152.html.stx> [vierailtu 15.3.2021].
- Kansallinen julkisten hankintojen strategia 2020. Valtiovarainministeriö ja kuntaliitto. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2020090768680> [vierailtu 9.8.2021].
- Kapanen, M. 2017. Kylmäainetilanne 2017. Suomen kylmäyhdistys ry. 19.9.2017. <https://iisoy.fi/wp-content/uploads/2021/07/Kylma%CC%88ainetilanne-2017-final.pdf> [vierailtu 9.8.2021].
- Kuusi, T., Pohjola, J., Kaskinen, T., Kaitila, V., Karhinen, S., Kauhanen, A., Lintunen, J., Reinikainen, T., Savolainen, H., Sil-lanauke, O. & Suikkanen, H. 2021. Vihreät toimet – ilmastopolitiikan vaikutuksia työllisyyteen. Valtioneuvoston kanslia. Helsinki 2021 ISBN pdf: 978-952-383-233-6 ISSN pdf: 2342-6799
- Lounasheimo, J., Karhinen, S., Grönroos, J., Savolainen, H., Forsberg, T., Munther, J., Petäjä, J. & Pesu, J. 2020. Suomen kuntien kasvihuonekaasupäästöjen laskenta. ALas-mallin menetelmäkuvaus ja laskentojen tuloksia 2005–2018. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 25/2020. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/316216>

- Marjomaa, T. & Reisbacka, A. 2001. Ammattikäyttöisten kylmä- ja pakastekaappien vertailututkimus: Jämförande undersökning av kyl- och frysskåp för yrkesbruk. Työtehoseura 2001. Työtehoseuran kotitaloustiedote, ISSN 0782-6796; 9/2001 (569)
- Motiva 2010 Energiatohokas ammattikeittiö. Motiva 3/2010. 20 s. https://www.motiva.fi/files/3056/Energiatohokas_ammattikeittiö.pdf [vierailtu 3.6.2021].
- Motiva 2012. Microsoft Word - Laskentaohje_Motiva_taitto.docx
- Motiva 2021. Ekosuunnittelu.info. <https://ekosuunnittelu.info/tuotevaatimukset/> [vierailtu 3.5.2021].
- Mudie, S., Essah, E.A., Grandison, A. & Felgate, R. 2016. Electricity use in the commercial kitchen. International Journal of Low-Carbon Technologies. Volume 11, Issue 1 March 2016. P. 66–74. <https://doi.org/10.1093/ijlct/ctt068>
- Porkka Finland Oy. 2012. Energian kulutus ammattikeittiöissä. Julkaisematon koulutusmateriaali.
- Poulsen, T. & Pedersen, P. H. 2020. Nordic criteria for Green Public Procurement (GPP) for alternatives to high GWP HFCs in RAHCP products. Nordic Council of Ministers. TemaNord 2020:512. 85. ISBN 978-92-893-6691-6.
- Reinikainen, T. & Johansson, A. 2019. Kestävät julkiset hankinnat F-kaasujen käytön ja päästöjen vähentämisessä - kriteerit korkean lämmityspotentialin vaihtoehtoille. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 30/2019. <http://hdl.handle.net/10138/303374> [vierailtu 9.8.2021].
- Ruokavirasto. 2020. Oiva-arviointiohjeet ilmoitetuille elintarvikehuoneistoille. Muokattu 15.7.2020. <https://www.oivahymy.fi/yrityksille/tarkastusohjeet/> [vierailtu 15.3.2021].
- SFS 2021. Standardeista. <https://sfs.fi/standardeista/> [vierailtu 3.5.2021].
- SFS-EN 17032:2018. Blast chillers and freezers cabinets for professional use. Classification, requirements and test conditions. <https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/640437.html.stx> [vierailtu 11.12.2020].
- SFS-EN 631-1:1994. Elintarvikkeiden kanssa kosketuksessa olevat materiaalit ja tarvikkeet. Ateriapalveluissa käytettävät valmistus- ja säilytysastiat. Osa 1: Mitat. 13.12.2006. <https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/6/10592.html.stx> [vierailtu 11.12.2020].
- SFS-EN 16825:2016. Refrigerated storage cabinets and counters for professional use. Classification, requirements and test conditions. <https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/425997.html.stx> [vierailtu 11.12.2020].
- SFS-EN 16855-1:2017. Walk-in cold rooms. Definition, thermal insulation performance and test methods. Part 1: Prefabricated cold room kits. <https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/464828.html.stx> [vierailtu 11.12.2020].
- SFS-EN 16855-2:2018. Walk-in cold rooms. Definition, thermal insulation performance and test methods. Part 2: Customized cold rooms. <https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/727702.html.stx> [vierailtu 11.12.2020].
- UNEP 2021. System safety standards tool. <https://ozone.unep.org/system-safety-standards> [vierailtu 3.5.2021].
- VM (valtiovarainministeriö) ja Kuntaliitto 2020. Kansallinen julkisten hankintojen strategia 2020. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/162418> [vierailtu 9.8.2021].
- YM (ympäristöministeriö). 2017. Valtioneuvoston selonteko keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelmasta vuoteen 2030. Kohti ilmastoviiasta arkea. ISBN Nid. 978-952-11-4747-0, ISBN PDF: 978-952-11-4748-7. Ympäristöministeriön raportteja 21/2017.
- YM (ympäristöministeriö). 2020. Pitkän aikavälin korjausrakentamisen strategia 2020-2050. Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin (2010/31/EU), muutettuna direktiivillä 2018/844/EU, artiklan 2a mukainen ilmoitus 10.3.2020. <https://ym.fi/korjausrakentamisen-strategia> [vierailtu 3.5.2021]

Liite 1. Ammattikeittiön kylmälaitteita

Kylmäkaappi 0 °C ... + 8 °C

Pakastekaappi - 18 °C ... - 26 °C

- valmiiksi jäädytettyjen tai pakastettujen
- elintarvikkeiden säilyttämiseksi
- päivittäinen käyttö, paljon ovien avaamisia
- omakoneellisia, waterloopilla sekä erilliskoneikoilla



Kylmätyöpöytä 0 °C ... + 8 °C

- valmiiksi jäädytettyjen tai pakastettujen
- elintarvikkeiden säilyttämiseksi
- päivittäinen käyttö, paljon ovien ja
- laatikostojen avaamisia
- omakoneellisia sekä erilliskoneikoilla



Jäähdytyskaappi + 70 °C ... + 8 °C

Pakastuskaappi + 70 °C ... - 18 °C

- elintarvikkeiden jäädyttämiseksi tai pakastamiseksi
- kevyt päivittäinen käyttö, 1 – 3 prosessia / työvuoro
- astiatäyttöinen
- omakoneellisia sekä erilliskoneikoilla



Jäähdytyshuone + 70 °C ... + 8 °C

Pakastuhuone + 70 °C ... - 18 °C

- elintarvikkeiden jäädyttämiseksi tai pakastamiseksi
- raskas päivittäinen käyttö, 1 – 3 prosessia / työvuoro
- vaunutäyttöinen
- erilliskoneikoilla



Kylmähuoneet 0 °C ... + 8 °C

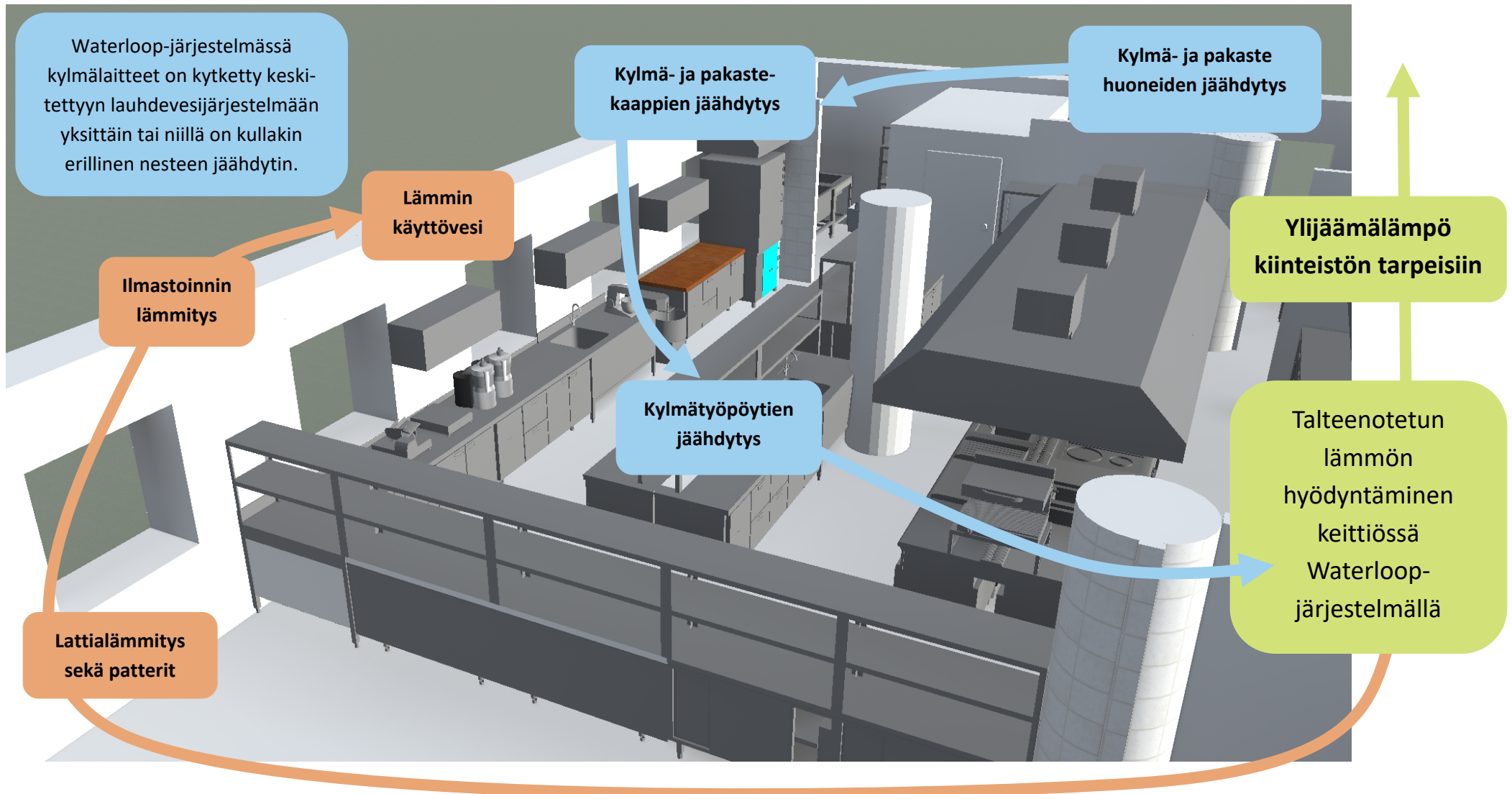
Pakastuhuoneet - 18 °C ... - 26 °C

- valmiiksi jäädytettyjen tai pakastettujen
- elintarvikkeiden säilyttämiseksi
- päivittäinen käyttö, vähän ovien avaamisia
- omakoneellisia, waterloopilla sekä erilliskoneikoilla



Kuvat: Porkka Finland Oy.

Liite 2. Waterloop-järjestelmän periaate



Kuva 1. Waterloop-järjestelmän toimintaperiaate. (Kuva: Mikkola ja Kahrola)



ISBN 978-952-11-5428-7 (PDF)

ISSN 1796-1726 (verkkokoj.)